

## 2. ВТОРОЙ ЭТАП

# Задачи второго этапа

## 3.1. Базовые навыки

### *Задача 3.1.1. Базовые навыки работы с ГИС. Геообработка и вычисление площадей (3 балла)*

Для выполнения задач второго этапа Олимпиады вам понадобятся базовые навыки работы в ГИС. Если вы используете QGIS, мы рекомендуем вам сперва изучить следующие пособия на русском языке:

- «Плавное введение в ГИС»  
<http://gis-lab.info/qa/gentle-intro-gis.html>;
- «Документация на NextGIS QGIS»  
[http://docs.nextgis.ru/\\_downloads/NextGISQGIS.pdf](http://docs.nextgis.ru/_downloads/NextGISQGIS.pdf).

Малонарушенные лесные территории ([http://borealforestplatform.org/ru/intact\\_forest\\_landscapes/](http://borealforestplatform.org/ru/intact_forest_landscapes/)) (МЛТ, Intact forest landscapes; [https://en.wikipedia.org/wiki/Intact\\_forest\\_landscape](https://en.wikipedia.org/wiki/Intact_forest_landscape)) - это крупные природные ландшафты в пределах лесной зоны, в наименьшей степени нарушенные хозяйственной деятельностью человека. С 2000 года ученые и экологические организации нескольких стран ведут картографирование этих территорий с помощью космических снимков по всему миру. По их данным, площадь МЛТ практически повсеместно сокращается по тем или иным причинам, связанным почти всегда с деятельностью человека.

С помощью QGIS (или другого используемого вами программного обеспечения) определите, какой процент МЛТ острова Калимантан охраняется в пределах различных особо охраняемых природных территорий (ООПТ) - национальных парков, природных резерватов и пр.

Сгрузите набор векторных пространственных данных с границами МЛТ по состоянию на 2016 год с сайта Intactforests.org <http://www.intactforests.org/data.ifl.html>.

В качестве источника исходных векторных данных по границам ООПТ используйте Всемирную базу данных по особо охраняемым территориям (World Database on Protected Areas - WDPA; <https://www.unep-wcmc.org/resources-and-data/wdpa>) от Всемирного центра природоохранного мониторинга (World Conservation Monitoring Centre; <https://www.unep-wcmc.org/>) Программы ООН по окружающей среде. Эти данные не всегда точные и актуальные (так, по территории России они явно неполны), но, в среднем по миру, это лучший из доступных источников информации. При геообработке и расчетах используйте только границы существующих (то есть уже созданных, а не планируемых) ООПТ. Набор векторных данных на весь мир очень

велик по объёму - мы рекомендуем вам сгрузить данные только на нужную вам территорию.

Для получения контуров МЛТ в пределах ООПТ используйте в QGIS инструменты геообработки (geoprocessing) векторных данных, такие как "Пересечение", "Обрезка" или "Объединение". Для вычисления площадей добавьте числовые поля в атрибутивные таблицы соответствующих слоев и используйте Калькулятор полей.

Помните, что результаты вычисления площадей по картам зависят от проекции, в которой производятся вычисления. Для данного задания используйте проекцию UTM (Universal Transverse Mercator), зона 50N на WGS84 (EPSG:32650).

Ответ представьте в процентах с округлением до десятых долей процента.

### *Пояснения к ответу*

Для решения этой задачи необходимо скачать набор пространственных данных с границами малонарушенных лесов по приведённой в условиях ссылке: <http://www.intactforests.org/data.ifl.html>.

В соответствии с требованиями условия, необходимо выбрать и скачать набор данных за 2016 год в формате ESRI SHAPE: [http://www.intactforests.org/shp/IFL\\_2016.zip](http://www.intactforests.org/shp/IFL_2016.zip).

Скачанный архив необходимо разархивировать любой программой-архиватором. Например, с помощью программы 7-Zip (<https://www.7-zip.org/>), которая распространяется абсолютно бесплатно. Полученный набор векторных пространственных данных (он называется ifl2016) загрузить в QGIS или другую ГИС-программу, которой Вы пользуетесь.

Для удобства работы лучше сразу выбрать из набора данных на весь мир контуры малонарушенных лесных территорий только на остров Калимантан. Самый простой путь сделать это – визуально выделить нужные контуры и сохранить в отдельный набор данных. Для визуального выделения необходимо добавить в ГИС-проект любую базовую карту из внешних источников, например, карту Google Maps или Яндекс Карты. В QGIS для добавления карт-подложек из внешних источников можно воспользоваться модулями QuickMapServices или OpenLayers Plugin.

Используя подгруженную базовую карту, найти на ней остров Калимантан (Борнео) и, используя инструменты выделения, пометить все объекты (контуры массивов малонарушенных лесов), попадающие на его территорию. Выделенные объекты сохранить как отдельный набор данных используя функцию «Сохранить как...» (в QGIS доступна в контекстном меню каждого слоя).

При этом лучше сразу сохранить этот набор данных в проекции UTM (Universal Transverse Mercator), зона 50N на WGS84 (EPSG:32650), в котором будут производиться расчеты площадей. Исходный набор данных находится в так называемой географической проекции (в десятичных градусах) в системе координат WGS 84 (EPSG:4326). Расчет площади в данной системе координат даст ошибочное значение. Выбрать систему координат сохраняемого набора данных можно в окне диалога функции «Сохранить как...».

Другой набор исходных данных необходимо скачать с указанного в условии задачи сайта используйте Всемирную базу данных по особо охраняемым территориям (World Database on Protected Areas – WDPA) от Всемирного центра природоохран-

ного мониторинга (World Conservation Monitoring Centre): <https://www.unep-wcmc.org/resources-and-data/wdpa>.

Несмотря на то, что большая часть информации на сайте на английском языке, с указанной страницы также есть ссылка на документ «Всемирная база данных по охраняемым природным территориям. Руководство пользователя 1.5» на русском языке. В руководстве описывается структура базы данных и способы работы с ней.

С той же страницы по нажатию кнопки «Download dataset» («Сгрузить набор данных») пользователь попадает на картографический сервис «Protected Planet»: <https://protectedplanet.net/>. В верхнем левом углу карты, расположенной на странице находится окошко поиска («Search a protected area»), с помощью которого можно выбрать из общей базы данных только на определённые территории. В частности, с помощью него можно выбрать наборы данных по особо охраняемым природным территориям (ООПТ) на страны, полностью или частично расположенные на территории острова Калимантан. Калимантан – единственный в мире остров, на котором расположены территории трёх стран: Индонезии, Малайзии и Брунея. Необходимо найти и загрузить векторные наборы данных с границами ООПТ на все три страны, поскольку малонарушенные лесные территории расположены на Калимантане в границах всех трёх стран.

Загрузка набора данных производится с помощью зелёной надписи «Download this dataset» с соответствующим значком, которая появляется при выборе соответствующей страны из списка результатов поиска. После нажатия также надо выбрать подходящий для обработки в настольной ГИС формат данных, в данном случае – .SHP. Не рекомендуется загружать набор данных по ООПТ сразу на весь мир, не выбрав данных на отдельные страны. Полученный набор данных будет огромен и потребует для своей обработки существенных компьютерных мощностей. Загруженные данные также потребуют распаковки с помощью архиватора.

Каждый сгруженный архив содержит по два набора векторных данных – точечный (для охраняемых территорий небольшого размера, не выражающихся в масштабе карты) и полигональный (названия файлов заканчиваются словом «polygons»), то есть содержащий замкнутые контуры границ соответствующих территорий. Для дальнейшей работы и расчётов площадей имеют значения только полигональные слои.

Для удобства работы данные по ООПТ трёх стран лучше объединить в один набор данных. Сделать это в QGIS проще всего с помощью инструментов из меню «Вектор» – «Объединение shape-файлов...» (раздел «Управление данными») или «Объединить векторные слои» (из раздела «Data Management Tools»). Оба инструмента реализуют аналог команды «Append» из ArcInfo GIS и объединяют пространственные базы данных с одинаковой структурой без изменения их геометрии.

После объединения полученный набор данных также необходимо перевести в проекцию UTM (Universal Transverse Mercator), зона 50N в системе координат WGS84 (EPSG:32650), как это было сделано для набора данных по малонарушенным лесам. Без этой операции не получится ни корректно рассчитать площади, ни воспользоваться инструментами геообработки. Рекомендуется, как и в случае с данными по малонарушенным лесам, совместить перевод в другую проекцию с выборкой данных только на территорию острова Калимантан из всей базы данных по трём странам. Это облегчит работу на недостаточно мощных компьютерах.

По условию задачи, при вычислениях необходимо использовать границы только

существующих (то есть уже созданных, а не планируемых) ООПТ. Соответствующая информация хранится в поле «STATUS» атрибутивной таблицы полученного набора векторных данных, о чем можно прочесть в русскоязычном «Руководстве пользователя» (стр. 56 и 57, Приложение 1). Статусу существующих ООПТ для Калимантана соответствуют только значения «Designated» и «Inscribed».

С помощью инструмента QGIS «Выбрать по выражению...» необходимо пометить в полученном наборе данных все объекты, имеющие соответствующие значения в поле «STATUS» атрибутивной таблицы. Выбранные объекты лучше ещё раз сохранить как отдельный набор данных. (Хотя можно производить операции геообработки и только с помеченными объектами из общего набора данных.)

Для расчета площади малонарушенных лесов Калимантана, сохраняемых в пределах ООПТ, нам необходимо получить границы частей этих лесных массивов, находящихся внутри существующих («Designated», «Inscribed») природных резерватов трёх стран. Выделить эти границы можно с помощью так называемых инструментов геообработки, которые имеются в составе любой современной ГИС-системы. В частности, в QGIS эти инструменты сосредоточены в меню «Вектор» в разделах «Геообработка»/«Geoprocessing Tools».

Исходными наборами данных для данной операции являются векторные наборы данных с границами малонарушенных лесов Калимантана и с границами ООПТ на этот остров, отобранных по признаку их официального создания (значения «Designated», «Inscribed» в поле «STATUS»). Важно, что оба набора данных должны находиться в одной и той же проекции (системе координат). Лучше всего воспользоваться UTM (Universal Transverse Mercator), зона 50N WGS84 (EPSG:32650), в которой необходимо и рассчитывать площади. Однако, можно произвести данную операцию и между двумя слоями в десятичных градусах (в «географической» проекции), а в проекцию Universal Transverse Mercator перевести позднее уже только полученный результат.

Для получения границ малонарушенных лесов в пределах существующих ООПТ можно воспользоваться инструментами «Пересечение» или «Обрезка» из меню «Вектор». Результат геообработки надо сохранить как отдельный набор данных. Его необходимо перевести в проекцию Universal Transverse Mercator, если это не было сделано ранее для исходных слоёв.

Наконец, необходимо произвести расчёт суммарной площади всех полигонов (замкнутых контуров), входящих в состав двух наборов данных: (1) малонарушенных лесов острова Калимантан и (2) описанного выше результата пересечения этих границ малонарушенных лесов с объединёнными по трём странам границами существующих ООПТ. Для расчёта площадей в QGIS необходимо воспользоваться инструментом «Калькулятор полей». Результаты расчётов по каждому полигону будут записываться в соответствующее поле (колонку) атрибутивной таблицы, которое можно создать непосредственно в «Калькуляторе полей». (Но можно такое поле создать и заранее.) Для вычисления площади в «Калькуляторе полей» необходимо ввести в поле для выражений функцию \$area (набрать с клавиатуры или вставить двойным щелчком из группы «Геометрия»). При нажатии кнопки «ОК» «Калькулятор полей» вычислит площади для каждого полигона соответствующего набора данных. Следите только, чтобы в используемом слое набора данных не было помеченных объектов (полигонов) – в этом случае расчеты будут произведены только для них.

Далее необходимо суммировать площади всех полигонов в этих двух наборах данных. Для этого в QGIS можно воспользоваться инструментом «Показать сводку

статистики» или просто открыть атрибутивную таблицу соответствующего набора векторных данных (файл с расширением \*.dbf) с помощью программы обработки электронных таблиц – например, MS Excel или аналогичной. В открытой таблице суммировать все значения в соответствующей колонке, в которую Вы записали значения площади полигонов с помощью «Калькулятора полей».

Полученную площадь по частям малонарушенных лесов в составе существующих ООПТ разделить на общую площадь малонарушенных лесов острова. Ответ представить в процентах до десятых.

Наши собственные расчеты дают значения площади 2 251 тыс. гектаров для малонарушенных лесов, охраняемых в составе существующих ООПТ, и 9 492 тыс. гектаров для всех малонарушенных лесов острова Калимантан. Используются наборы данных по границам малонарушенных лесных территорий за 2016 года и по границам ООПТ версии за декабрь 2018 года.

**Ответ:** 29.0%. Как правильный принимался ответ с погрешностью  $\pm 2.0\%$ .

### ***Задача 3.1.2. Поиск и загрузка космических снимков Landsat (1 балл)***

Снимки земли с американских спутников серии Landsat сегодня бесплатно доступны для всех желающих. Воспользуйтесь порталом EarthExplorer (<https://earthexplorer.usgs.gov/>) Геологической службы США (US Geological Survey) и найдите доступные снимки со спутника Landsat 8 для точки с географическими координатами 60°05'53" северной широты и 105°25'49" восточной долготы на сентябрь 2018 года. Выберите только снимки с облачностью, занимающей менее 10% сцены. (Если Вы всё сделаете правильно, будет найден только один такой снимок.)

Описание работы с порталом на русском языке можно прочитать здесь (<http://gis-lab.info/qa/earthexplorer-work.html>). Поскольку статья была написана уже несколько лет назад, она описывает немного устаревшую версию портала. Однако, практически никаких существенных изменений не произошло. Единственным исключением является название набора данных, который Вам необходим. Для решения практических задач в рамках Олимпиады потребуются снимки с уровнем обработки Landsat Collection 1 Level-1. В остальном можно полагаться на описание из указанной статьи.

Скачайте найденную сцену (снимок с уникальным идентификатором) на Ваш компьютер. (Это потребует регистрации и заполнения анкеты на английском языке. Рекомендуем по возможности добросовестно ответить на вопросы анкеты.) Полученный архивный файл необходимо распаковать с помощью любой доступной Вам программы-архиватора. В результате распаковки Вы должны получить 14 файлов, 12 из которых представляют из себя изображения в отдельных спектральных каналах в формате GeoTIFF. Описание каналов Landsat можно найти, например, здесь <https://landsat.usgs.gov/what-are-band-designations-landsat-satellites> или здесь [https://ru.wikipedia.org/wiki/Landsat-8#Operational\\_Land\\_Imager\\_\(OLI\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Landsat-8#Operational_Land_Imager_(OLI)). (Вы можете загрузить каждый из этих файлов по отдельности в Ваш проект в QGIS с помощью инструмента "Добавить растровый слой" и рассмотреть их как изображения в оттенках серого.)

Введите в поле ниже размер в байтах (целое число) файла, содержащего панхро-

матический канал.

### *Пояснения к ответу*

С помощью упомянутого в условии задачи портала EarthExplorer (<https://earthexplorer.usgs.gov/>) вы можете найти и подобрать снимки Landsat (а также множество других данных) на интересующую вас территорию или точку, за определённый период времени. Вы также можете отобрать снимки по степени облачности и другим параметрам, предварительно посмотреть уменьшенный вид снимка.

Хотя интерфейс портала англоязычный, существуют подробные инструкции по работе с ним на русском языке, в частности, статья, непосредственно упомянутая в условии задачи: <http://gis-lab.info/qa/earthexplorer-work.html>. Поскольку статья была написана уже несколько лет назад, она описывает немного устаревшую версию портала. Однако, существенных изменений немного. Важным исключением является название набора данных, который Вам необходим. Для решения практических задач в рамках Олимпиады потребуются снимки с уровнем обработки Landsat Collection 1 Level-1. В остальном можно, в целом, полагаться на описание из указанной статьи. (Всё это также прямо написано в условии.)

Скачивание снимков с портала требует регистрации и заполнения анкеты на английском языке. В целом, для её заполнения достаточно знаний английского в программе школьного курса. В сложных случаях следует воспользоваться «Гугл Переводчиком». В упомянутой выше статье есть некоторые рекомендации по заполнению анкеты. Но не обязательно просто слепо следовать им.

Выбрав необходимый снимок (на профессиональном языке обычно говорят «сцену»), его можно загрузить на свой компьютер в нескольких разных формах. Выбор («Download Options») появляется в самом конце процесса при нажатии кнопки «Download». Однако, почти все из них являются малопригодными для серьёзной работы картинками, сжатыми до небольших размеров с потерей информации (LandsatLook). Для профессиональной работы необходимо выбирать последнюю в списке опцию – «Level-1 GeoTIFF Data Product». Она существенно превышает все прочие по размеру: как правило, размер сгружаемого файла приближается к 1 гигабайту.

Скачанный файл имеет расширение \*.gz и является архивным (сжатым файлом). Его необходимо распаковать с помощью любой доступной программы-архиватор, а например, уже упомянутого в Задаче 1 «7-Zip». (Среди них достаточно и других, распространяемых свободно, или бесплатных для тестирования в течение определённого срока.) Большинство современных программ такого типа понимают данный формат архива и легко справятся с распаковкой. Необходимо помнить, что после распаковки извлечённые из архива файлы займут ещё около двух гигабайт на каждую сцену – необходимо иметь достаточно свободного места на диске. Мы рекомендуем распаковывать каждый архив в отдельную папку (директорию).

В результате распаковки скачанного снимка (сцены) Landsat 8 участники должны получить 14 отдельных файлов, из которых два представляют собой текстовые документы с технической документацией, а остальные 12 – графические изображения в формате GeoTIFF. Размер текстовых файлов с документацией – мизерный, по сравнению с графическими файлами.

Большинство оставшихся графических файлов имеют одинаковый размер, в дан-

ном случае - 129825 килобайт. Они представляют собой изображения в отдельных спектральных каналах в формате GeoTIFF. Описание каналов Landsat можно найти на английском языке, например, здесь: <https://landsat.usgs.gov/what-are-band-designations-landsat-satellites> или, на русском языке, здесь: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Landsat-8#Operational\\_Land\\_Imager\\_\(OLI\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Landsat-8#Operational_Land_Imager_(OLI)).

Все графические файлы названы по одной схеме:

- первые четыре символа – «LC08» – обозначают спутник, с которого производилась съёмка, – Landsat 8;
- ещё четыре символа после разделителя в виде подчёркивания – «L1T1» – уровень обработки данных – Level 1;
- потом после разделителя идут 6 символов, обозначающие номер витка (136) и ряда (номер сцены) в витке (018) – Path и Row, они всегда стандартные для спутников Landsat;
- потом – восемь символов, обозначающие дату съёмки в формате «год-месяц-день», в данном случае – это 10 сентября 2018 года;
- потом – ещё семь символов, дата съёмки;
- большинство файлов заканчиваются буквой «B» (от английского «band» – канал, полоса) с номером, который и является номером спектрального канала съёмочной аппаратуры спутника Landsat.

Файл, название которого оканчивается на «BQA» содержит данные технического канала, куда помещаются данные о наличии облачности.

И только один файл, содержащий 8-й канал, имеет размер, существенно превышающий остальные файлы каналов. В нашем случае его размер – 519106 килобайт. Это так называемый панхроматический канал. Его большой размер, как мы увидим в дальнейшем, связан с тем, что он имеет вдвое большее пространственное разрешение, чем другие каналы Landsat.

Участники должны продемонстрировать понимание того, какой именно канал является панхроматическим, и умение измерить точный размер файл в своей операционной системе. Например, в большинстве систем Windows по умолчанию файлы в папке отображаются в виде уменьшенных изображений. Во многих случаях удобнее отображать файлы в виде списка с отображением всех важных характеристик. Для чего нужно изменить соответствующие настройки.

Также точный размер файла можно посмотреть в его свойствах. При этом, место, которое файл занимает на диске, может отличаться в разных операционных и файловых системах, но размер самого файла от этого не зависит – он будет одинаковый и в Windows любой версии, и в MacOS.

Точный размер графического файла, содержащего данные панхроматического канала, – 531563798 байт.

**Ответ:** 531563798. В качестве правильного принимался только абсолютно точный, до единиц байтов, ответ.



### ***Задача 3.1.3. Склейка каналов и загрузка снимков в виде мультиспектральных изображений. Визуальное выделение объектов по космическим снимкам (1 балл)***

Вокруг точки с географическими координатами 59°31'14" северной широты и 105°36'10" восточной долготы на скачанном вами при решении предыдущей задачи снимке хорошо видны следы лесного пожара, произошедшего в 2018 году.

Однако, хорошо они видны не на одноканальных изображениях, которые вы получили при распаковке архива, а на цветном многоканальном изображении. Чтобы получить такое изображение, вам необходимо склеить, по крайней мере, три канала в единый файл. В QIS для этого можно использовать функцию "Объединение" из меню работы с растрами. Обратитесь к документации на QGIS и/или к этой статье (<http://gis-lab.info/qa/qgis-landsat-merge.html>) (или к документации иного используемого вами программного обеспечения). Для уменьшения размера файла мы не рекомендуем вам склеивать панхроматический канал вместе с другими. Вообще, не обязательно склеивать все каналы - всё равно одновременно вы сможете рассматривать в QGIS только любые три из них.

Полученный в результате склейки каналов файл вы можете загрузить в ваш проект в QGIS с помощью инструмента "Добавить растровый слой". По умолчанию в оттенках красного цвета отображается первый из склеенных каналов, в оттенках зелёного - второй и в оттенках синего - третий. В QGIS это можно поменять в свойствах слоя в закладке "Стиль". Там же можно настроить более контрастное изображение. Обратитесь к документации QGIS (или другого используемого вами ПО) за подробностями.

Подберите комбинацию каналов, при которой вы будете хорошо различать свежую гарь вокруг точки с указанными координатами от окружающей растительности. Про использование различных комбинаций каналов можно прочесть здесь <http://gis-lab.info/qa/landsat-bandcomb.html> и здесь <https://habr.com/post/183416/>. Помните, что у разных спутников серии Landsat набор и нумерация каналов отличаются. Мы рекомендуем использовать комбинацию красного и ближних инфракрасных каналов (каналы 4, 5 и 6 для Landsat 8), в которых хорошо видны различия в растительности (отображая при этом 6-й канал в оттенках красного, а 4-й - в оттенках синего). Но вы можете выбрать и иную комбинацию, в которой гарь для вас выглядит наиболее ясно.

Для того, чтобы загруженные изображения выглядели контрастно, обычно также необходимо подстроить гистограммы распределения яркостей каждого спектрального канала под диапазон яркостей соответствующего цвета на вашем экране. В QGIS самый простой способ это сделать - воспользоваться панелью "Инструменты работы с растровыми данными". (Более сложный - через закладку "Гистограмма" в свойствах слоя.)

Измерьте как можно точнее площадь гари по внешнему контуру с помощью инструментов QGIS или другой используемой вами ГИС-программы. (Для того, чтобы сохранить ваш контур, вы также можете создать полигональный набор векторных данных в формате шейп-файла и провести расчет площади для него.) "Островки" несгоревшего леса, частично погибшего древостоя и болота, попавшие в пределы контура, включите в общую площадь. Но не включайте в контур болота и несгорев-

шие участки, если они прилегают к его внешнему краю. Используйте для измерений проекцию, в которой находится скачанный космический снимок.

Ответ выразите в гектарах, округлите до десятков и впишите в поле ниже.

### *Пояснения к ответу*

Что «видеть» нашими глазами информацию сразу с нескольких спектральных каналов Landsat, нем необходимо собрать их в многоканальное изображение. В QGIS это можно сделать с помощью утилиты «Объединение», которая находится в меню в разделе «Растр» -> «Прочее». Пошагово процедура объединения каналов подробно описана в статье, ссылка на которую даётся в условиях задачи: <http://gis-lab.info/qa/qgis-landsat-merge.html>. Также, можно обратиться к документации QGIS ([https://docs.nextgis.ru/docs\\_ngqgis/source/raster\\_op.html#id21](https://docs.nextgis.ru/docs_ngqgis/source/raster_op.html#id21)).

Для актуальной версии QGIS мы приводим пошаговые инструкции по склеиванию каналов здесь: <https://stepik.org/lesson/211332/step/4?unit=187728>. Ряд типичных ошибок разобраны здесь: <https://stepik.org/lesson/211332/step/5?unit=187728>. Однако, такие подробные инструкции не были доступны участникам – им было необходимо разобраться самостоятельно.

В статье, ссылка на которую даётся в условиях задачи (<http://gis-lab.info/qa/qgis-landsat-merge.html>), также описывается, как настроить в QGIS полученное в результате объединения растровое изображение для отображения различных вариантов синтеза спектральных каналов. Непосредственно в условии задачи также даны рекомендации по использованию определённых каналов для дешифрирования растительности и ссылки на соответствующие публикации. Пошаговые инструкции можно найти здесь: <https://stepik.org/lesson/211332/step/8?unit=187728>, и здесь: <https://stepik.org/lesson/211332/step/9?unit=187728>.

Для того, чтобы загруженные изображения выглядели контрастно, также необходимо подстроить гистограммы распределения яркостей каждого спектрального канала под диапазон яркостей соответствующего цвета на экране. Непосредственно в условии задачи содержится ссылка на самый простой способ это сделать в QGIS – воспользоваться панелью «Инструменты работы с растровыми данными». См. пошаговое описание здесь: <https://stepik.org/lesson/211332/step/7?unit=187728>.

При выполнении перечисленных выше условий, гарь по указанным координатам видна совершенно отчётливо – как красно-фиолетовое пятно на преимущественно зелёном фоне.

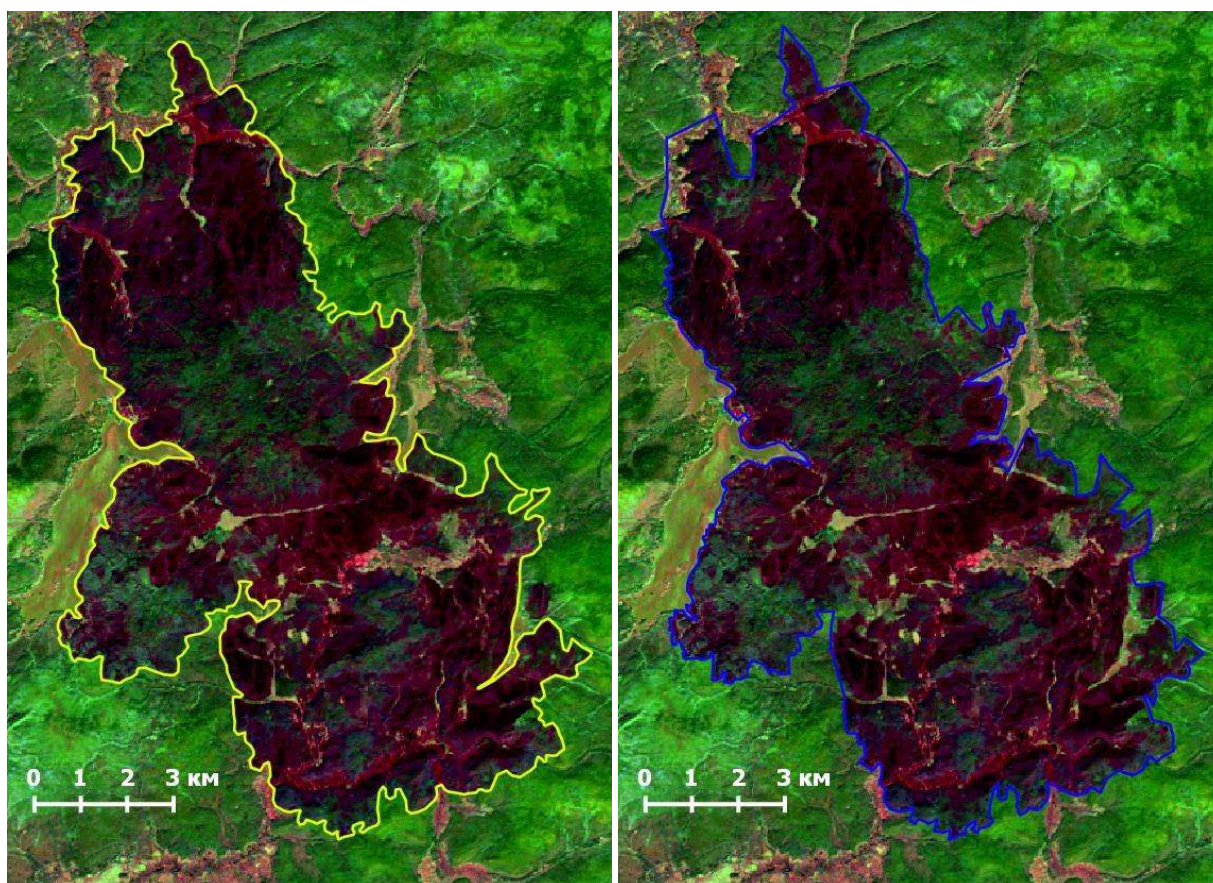


Поверх такого контрастного изображения уже достаточно легко провести контур гари, соблюдая требования из условий задачи. Наиболее корректный способ сделать это – создать набор векторных пространственных данных в полигональной топологии и воспользоваться инструментами редактирования в настольной ГИС.

Приёмы редактирования геометрии векторных данных в QGIS, в частности, подробно описаны в руководстве пользователя QGIS, которое указывалось как одно из основных справочных пособий для участников Олимпиады: [https://docs.nextgis.ru/docs\\_ngqgis/source/editing.html#id13](https://docs.nextgis.ru/docs_ngqgis/source/editing.html#id13).

Данная задача, в значительной мере, оценивала навыки ручного редактирования векторных данных, умение участников выделять объекты на космических снимках, а также точность и аккуратность проведения контуров. Поэтому в качестве правильных ответов принимался достаточно узкий диапазон значений площади контура, который может быть получен только при аккуратном проведении границы гари и точном следовании условиям задачи.

Примеры точного (слева) и неточного (справа) проведения контура границ гари:



Методы подсчёта площадей также описаны в руководстве пользователя QGIS: [https://docs.nextgis.ru/docs\\_ngqgis/source/editing.html#id10](https://docs.nextgis.ru/docs_ngqgis/source/editing.html#id10).

**Ответ:** 10 000. Как правильный принимался ответ с погрешностью  $\pm 150$ .

### Задача 3.1.4. Автоматизация отбора и загрузки снимков Landsat (3 балла)

Если вам необходимо скачивать большое число снимков Landsat для значительной территории или за длительный временной период, отбирать их вручную через интерфейс портала EarthExplorer (<https://earthexplorer.usgs.gov/>) не всегда удобно. Напишите программу или скрипт, который(ая) бы автоматически отбирал(а) и скачивал(а) бы все доступные снимки Landsat 8 Collection 1 Level-1 для прямоугольной области с заданными координатами за указанный период времени с заданной облачностью.

Для выполнения данной задачи нужно воспользоваться API сервиса. Документацию можно найти по ссылке:

<https://earthexplorer.usgs.gov/inventory/documentation/json-api>

Для обращения к основным методам API необходим ключ (API key), который выдаётся сервером после авторизации через метод Login.

#### Формат входных данных

Географические координаты области поиска:

60 05' 53" N 105 25' 49" E

56 40' 30" N 110 10' 00" E

Временной интервал поиска:

с 01.06.2017 по 30.09.2018

Максимально допустимая степень облачности:

не более 10%

#### Формат выходных данных

Представляет собой файл формата JSON, выданный сервером в результате запроса, в котором приводятся данные о том, сколько снимков было найдено, сопроводительная информация по каждому снимку, в т.ч. координаты, временные рамки, ссылки на метаданные, скачивание снимков и пр., а также информация о версии API и времени выполнении запроса.

В качестве ответа загрузите полученный файл JSON с помощью кнопки ниже.

#### Решение

Написанный участниками скрипт должен генерировать конечный запрос на поиск данных следующего вида:

```

1 https://earthexplorer.usgs.gov/inventory/json/v/1.4.0/search?jsonRequest={
2   "apiKey": "3d3945c6720e4e88ab4adfd3c8578c4b",
3   "datasetName": "LANDSAT_8_C1",
4   "spatialFilter": {
5     "filterType": "mbr",
6     "lowerLeft": {
```

```

7     "latitude": 56.675,
8     "longitude": 105.4303
9     },
10    "upperRight": {
11        "latitude": 60.0981,
12        "longitude": 110.1667
13    }
14 },
15 "temporalFilter": {
16     "startDate": "2017-06-01",
17     "endDate": "2018-09-30"
18 },
19 "maxCloudCover":10, "maxResults":50000
20 }

```

В результате отправки такого запроса будет получен ответ в формате json содержащий корректный набор данных.

Значение `apiKey` будет индивидуальным для каждого пользователя. Скрипт участника также должен получать его значение через метод `Login`.

**Ответ:** Пример содержания файл формата JSON, полученного в результате правильно составленного запроса приведён ниже. Если входные данные одинаковые, то и структура правильного запроса одинаковая. Одинаковым будет и полученный в результате запроса файл. Единственное допустимое отличие – дата и время выполнения запроса. При проверке данная часть содержимого введённого файла игнорировалась.

```

{"errorCode":null,"error":"","data":{"numberReturned":129,"totalHits":129,
"firstRecord":1,"lastRecord":129,"nextRecord":129,"results":[{"acquisitionDate":
"2017-06-19", "startTime":"2017-06-19","endTime":"2017-06-19",
"spatialFootprint":{"type":"Polygon","coordinates":[[[103.32804,59.51604],
[106.52706,58.97792],[107.71696,60.63425],[104.36437,61.19025],
[103.32804,59.51604]]]},"sceneBounds":"103.32804,58.97792,107.71696,61.19025",
"browseUrl":"https://earthexplorer.usgs.gov/browse/landsat_8_c1/2017/136
/018/LC08_L1TP_136018_20170619_20170629_01_T1.jpg", "dataAccessUrl":"https:
//earthexplorer.usgs.gov/order/process?dataset_name=LANDSAT_8_C1&ordered=
LC81360182017170LGN00&node=INVSVC","downloadUrl":"https://earthexplorer.usgs.
gov/download/external/options/LANDSAT_8_C1/LC81360182017170LGN00/INVSVC/",
"entityId":"LC81360182017170LGN00","displayId":"LC08_L1TP_136018_20170619_2017
0629_01_T1", "metadataUrl":"https://earthexplorer.usgs.gov/metadata/xml/128
64/LC81360182017170LGN00/", "fgdcMetadataUrl":"https://earthexplorer.usgs.
gov/fgdc/12864/LC81360182017170LGN00/save_xml", "modifiedDate":"2017-06-29",
"orderUrl":"https://earthexplorer.usgs.gov/order/process?dataset_name
=LANDSAT_8_C1&ordered=LC81360182017170LGN00&node=INVSVC","bulkOrdered":false,
"ordered":false,"summary":"Entity ID: LC08_L1TP_136018_20170619_20170629_01_T1,
Acquisition Date:19-JUN-17, Path: 136, Row: 18"},{"acquisitionDate":"2017-06-19",
"startTime":"2017-06-19","endTime":"2017-06-19","spatialFootprint":{"type":
"Polygon","coordinates":[[[102.53065,58.11624],[105.61408,57.59423],
[106.72016,59.25797],[103.49504,59.79573],[102.53065,58.11624]]]},"sceneBounds":
"102.53065,57.59423,106.72016,59.79573","browseUrl":"https://earthexplorer.
usgs.gov/browse/landsat_8_c1/2017/136/019/LC08_L1TP_136019_20170619_201706
29_01_T1.jpg", "dataAccessUrl":"https://earthexplorer.usgs.gov/order/process?
dataset_name=LANDSAT_8_C1&ordered=LC81360192017170LGN00&node=INVSVC",
"downloadUrl":"https://earthexplorer.usgs.gov/download/external/options/
LANDSAT_8_C1/LC81360192017170LGN00/INVSVC/", "entityId":"LC81360192017170LGN
00","displayId":"LC08_L1TP_136019_20170619_20170629_01_T1","metadataUrl":
"https://earthexplorer.usgs.gov/metadata/xml/12864/LC81360192017170LGN00/",

```

"fgdcMetadataUrl": "https://earthexplorer.usgs.gov/fgdc/12864/LC81360192017170LGN00/save\_xml", "modifiedDate": "2017-06-29", "orderUrl": "https://earthexplorer.usgs.gov/order/process?dataset\_name=LANDSAT\_8\_C1&ordered=LC81360192017170LGN00&node=INVSVC", "bulkOrdered": false, "ordered": false, "summary": "Entity ID: LC08\_L1TP\_136019\_20170619\_20170629\_01\_T1, Acquisition Date: 19-JUN-17, Path: 136, Row: 19"}, {"acquisitionDate": "2017-06-19", "startTime": "2017-06-19", "endTime": "2017-06-19", "spatialFootprint": {"type": "Polygon", "coordinates": [[[101.78499, 56.7123], [104.76114, 56.20491], [105.79357, 57.87531], [102.68655, 58.39654], [101.78499, 56.7123]]]}}, "sceneBounds": "101.78499, 56.20491, 105.79357, 58.39654", "browseUrl": "https://earthexplorer.usgs.gov/browse/landsat\_8\_c1/2017/136/020/LC08\_L1TP\_136020\_20170619\_20170629\_01\_T1.jpg", "dataAccessUrl": "https://earthexplorer.usgs.gov/order/process?dataset\_name=LANDSAT\_8\_C1&ordered=LC81360202017170LGN00&node=INVSVC", "downloadUrl": "https://earthexplorer.usgs.gov/download/external/options/LANDSAT\_8\_C1/LC81360202017170LGN00/INVSVC/", "entityId": "LC81360202017170LGN00", "displayId": "LC08\_L1TP\_136020\_20170619\_20170629\_01\_T1", "metadataUrl": "https://earthexplorer.usgs.gov/metadata/xml/12864/LC81360202017170LGN00/", "fgdcMetadataUrl": "https://earthexplorer.usgs.gov/fgdc/12864/LC81360202017170LGN00/save\_xml", "modifiedDate": "2017-06-29", "orderUrl": "https://earthexplorer.usgs.gov/order/process?dataset\_name=LANDSAT\_8\_C1&ordered=LC81360202017170LGN00&node=INVSVC", "bulkOrdered": false, "ordered": false, "summary": "Entity ID: LC08\_L1TP\_136020\_20170619\_20170629\_01\_T1, Acquisition Date: 19-JUN-17, Path: 136, Row: 20"}, {"acquisitionDate": "2017-06-21", "startTime": "2017-06-21", "endTime": "2017-06-21", "spatialFootprint": {"type": "Polygon", "coordinates": [[[106.41994, 59.51637], [109.61898, 58.9782], [110.80893, 60.63456], [107.45632, 61.1906], [106.41994, 59.51637]]]}}, "sceneBounds": "106.41994, 58.9782, 110.80893, 61.1906", "browseUrl": "https://earthexplorer.usgs.gov/browse/landsat\_8\_c1/2017/134/018/LC08\_L1TP\_134018\_20170621\_20170630\_01\_T1.jpg", "dataAccessUrl": "https://earthexplorer.usgs.gov/order/process?dataset\_name=LANDSAT\_8\_C1&ordered=LC81340182017172LGN00&node=INVSVC", "downloadUrl": "https://earthexplorer.usgs.gov/download/external/options/LANDSAT\_8\_C1/LC81340182017172LGN00/INVSVC/", "entityId": "LC81340182017172LGN00", "displayId": "LC08\_L1TP\_134018\_20170621\_20170630\_01\_T1", "metadataUrl": "https://earthexplorer.usgs.gov/metadata/xml/12864/LC81340182017172LGN00/", "fgdcMetadataUrl": "https://earthexplorer.usgs.gov/fgdc/12864/LC81340182017172LGN00/save\_xml", "modifiedDate": "2017-06-30", "orderUrl": "https://earthexplorer.usgs.gov/order/process?dataset\_name=LANDSAT\_8\_C1&ordered=LC81340182017172LGN00&node=INVSVC", "bulkOrdered": false, "ordered": false, "summary": "Entity ID: LC08\_L1TP\_134018\_20170621\_20170630\_01\_T1, Acquisition Date: 21-JUN-17, Path: 134, Row: 18"}, {"acquisitionDate": "2017-06-21", "startTime": "2017-06-21", "endTime": "2017-06-21", "spatialFootprint": {"type": "Polygon", "coordinates": [[[105.62237, 58.11633], [108.70571, 57.59429], [109.81189, 59.25803], [106.58686, 59.79582], [105.62237, 58.11633]]]}}, "sceneBounds": "105.62237, 57.59429, 109.81189, 59.79582", "browseUrl": "https://earthexplorer.usgs.gov/browse/landsat\_8\_c1/2017/134/019/LC08\_L1TP\_134019\_20170621\_20170630\_01\_T1.jpg", "dataAccessUrl": "https://earthexplorer.usgs.gov/order/process?dataset\_name=LANDSAT\_8\_C1&ordered=LC81340192017172LGN00&node=INVSVC", "downloadUrl": "https://earthexplorer.usgs.gov/download/external/options/LANDSAT\_8\_C1/LC81340192017172LGN00/INVSVC/", "entityId": "LC81340192017172LGN00", "displayId": "LC08\_L1TP\_134019\_20170621\_20170630\_01\_T1", "metadataUrl": "https://earthexplorer.usgs.gov/metadata/xml/12864/LC81340192017172LGN00/", "fgdcMetadataUrl": "https://earthexplorer.usgs.gov/fgdc/12864/LC81340192017172LGN00/save\_xml", "modifiedDate": "2017-06-30", "orderUrl": "https://earthexplorer.usgs.gov/order/process?dataset\_name=LANDSAT\_8\_C1&ordered=LC81340192017172LGN00&node=INVSVC", "bulkOrdered": false, "ordered": false, "summary": "Entity ID: LC08\_L1TP\_134019\_20170621\_20170630\_01\_T1, Acquisition Date: 21-JUN-17, Path: 134, Row: 19"}, {"acquisitionDate": "2017-06-21", "startTime": "2017-06-21", "endTime": "2017-06-21", "spatialFootprint": {"type": "Polygon", "coordinates": [[[104.87648, 56.71215], [107.85262, 56.20472], [108.88511, 57.87509], [105.77811, 58.39638], [104.87648, 56.71215]]]}}, "sceneBounds": "104.87648, 56.20472, 108.88511, 58.39638", "browseUrl": "https://earthexplorer.usgs.gov/browse/landsat\_8\_c1/2017/134/020/LC08\_L1TP\_134020\_20170621\_20170630\_01\_T1.jpg", "dataAccessUrl": "https://earthexplorer.usgs.gov/order/process?dataset\_name=LANDSAT\_8\_C1&ordered=LC81340202017172LGN00&node=INVSVC", "downloadUrl": "https://earthexplorer.usgs.gov/download/external/options/LANDSAT\_8\_C1/LC81340202017172LGN00/INVSVC/", "entityId": "LC81340202017172LGN00", "displayId": "LC08\_L1TP\_134020\_20170621\_20170630\_01\_T1", "metadataUrl": "https://earthexplorer.usgs.gov/metadata/xml/12864/LC81340202017172LGN00/", "fgdcMetadataUrl": "https://earthexplorer.usgs.gov/fgdc/12864/LC81340202017172LGN00/save\_xml", "modifiedDate": "2017-06-30", "orderUrl": "https://earthexplorer.usgs.gov/order/process?dataset\_name=LANDSAT\_8\_C1&ordered=LC81340202017172LGN00&node=INVSVC", "bulkOrdered": false, "ordered": false, "summary": "Entity ID: LC08\_L1TP\_134020\_20170621\_20170630\_01\_T1, Acquisition Date: 21-JUN-17, Path: 134, Row: 20"}]

N00&node=INVSVC", "downloadUrl": "https://earthexplorer.usgs.gov/download/external/options/LANDSAT\_8\_C1/LC81340202017172LGN00/INVSVC/", "entityId": "LC81340202017172LGN00", "displayId": "LC08\_L1TP\_134020\_20170621\_20170630\_01\_T1", "metadataUrl": "https://earthexplorer.usgs.gov/metadata/xml/12864/LC81340202017172LGN00/", "fgdcMetadataUrl": "https://earthexplorer.usgs.gov/fgdc/12864/LC81340202017172LGN00/save\_xml", "modifiedDate": "2017-06-30", "orderUrl": "https://earthexplorer.usgs.gov/order/process?dataset\_name=LANDSAT\_8\_C1&ordered=LC81340202017172LGN00&node=INVSVC", "bulkOrdered": false, "ordered": false, "summary": "Entity ID: LC08\_L1TP\_134020\_20170621\_20170630\_01\_T1, Acquisition Date: 21-JUN-17, Path: 134, Row: 20"}, {"acquisitionDate": "2017-06-21", "startTime": "2017-06-21", "endTime": "2017-06-21", "spatialFootprint": {"type": "Polygon", "coordinates": [[[104.17631, 55.30483], [107.05317, 54.81067], [108.02049, 56.48695], [105.02262, 56.99329], [104.17631, 55.30483]]]}}, {"sceneBounds": "104.17631, 54.81067, 108.02049, 56.99329", "browseUrl": "https://earthexplorer.usgs.gov/browse/landsat\_8\_c1/2017/134/021/LC08\_L1TP\_134021\_20170621\_20170630\_01\_T1.jpg", "dataAccessUrl": "https://earthexplorer.usgs.gov/order/process?dataset\_name=LANDSAT\_8\_C1&ordered=LC81340212017172LGN00&node=INVSVC", "downloadUrl": "https://earthexplorer.usgs.gov/download/external/options/LANDSAT\_8\_C1/LC81340212017172LGN00/INVSVC/", "entityId": "LC81340212017172LGN00", "displayId": "LC08\_L1TP\_134021\_20170621\_20170630\_01\_T1", "metadataUrl": "https://earthexplorer.usgs.gov/metadata/xml/12864/LC81340212017172LGN00/", "fgdcMetadataUrl": "https://earthexplorer.usgs.gov/fgdc/12864/LC81340212017172LGN00/save\_xml", "modifiedDate": "2017-06-30", "orderUrl": "https://earthexplorer.usgs.gov/order/process?dataset\_name=LANDSAT\_8\_C1&ordered=LC81340212017172LGN00&node=INVSVC", "bulkOrdered": false, "ordered": false, "summary": "Entity ID: LC08\_L1TP\_134021\_20170621\_20170630\_01\_T1, Acquisition Date: 21-JUN-17, Path: 134, Row: 21"}, {"acquisitionDate": "2017-06-30", "startTime": "2017-06-30", "endTime": "2017-06-30", "spatialFootprint": {"type": "Polygon", "coordinates": [[[107.17048, 58.11588], [110.25362, 57.59397], [111.35963, 59.25778], [108.13482, 59.79543], [107.17048, 58.11588]]]}}, {"sceneBounds": "107.17048, 57.59397, 111.35963, 59.79543", "browseUrl": "https://earthexplorer.usgs.gov/browse/landsat\_8\_c1/2017/133/019/LC08\_L1TP\_133019\_20170630\_20170714\_01\_T1.jpg", "dataAccessUrl": "https://earthexplorer.usgs.gov/order/process?dataset\_name=LANDSAT\_8\_C1&ordered=LC81330192017181LGN00&node=INVSVC", "downloadUrl": "https://earthexplorer.usgs.gov/download/external/options/LANDSAT\_8\_C1/LC81330192017181LGN00/INVSVC/", "entityId": "LC81330192017181LGN00", "displayId": "LC08\_L1TP\_133019\_20170630\_20170714\_01\_T1", "metadataUrl": "https://earthexplorer.usgs.gov/metadata/xml/12864/LC81330192017181LGN00/", "fgdcMetadataUrl": "https://earthexplorer.usgs.gov/fgdc/12864/LC81330192017181LGN00/save\_xml", "modifiedDate": "2017-07-14", "orderUrl": "https://earthexplorer.usgs.gov/order/process?dataset\_name=LANDSAT\_8\_C1&ordered=LC81330192017181LGN00&node=INVSVC", "bulkOrdered": false, "ordered": false, "summary": "Entity ID: LC08\_L1TP\_133019\_20170630\_20170714\_01\_T1, Acquisition Date: 30-JUN-17, Path: 133, Row: 19"}, {"acquisitionDate": "2017-06-30", "startTime": "2017-06-30", "endTime": "2017-06-30", "spatialFootprint": {"type": "Polygon", "coordinates": [[[106.42494, 56.71191], [109.40082, 56.20462], [110.4331, 57.87507], [107.32636, 58.3962], [106.42494, 56.71191]]]}}, {"sceneBounds": "106.42494, 56.20462, 110.4331, 58.3962", "browseUrl": "https://earthexplorer.usgs.gov/browse/landsat\_8\_c1/2017/133/020/LC08\_L1TP\_133020\_20170630\_20170714\_01\_T1.jpg", "dataAccessUrl": "https://earthexplorer.usgs.gov/order/process?dataset\_name=LANDSAT\_8\_C1&ordered=LC81330202017181LGN00&node=INVSVC", "downloadUrl": "https://earthexplorer.usgs.gov/download/external/options/LANDSAT\_8\_C1/LC81330202017181LGN00/INVSVC/", "entityId": "LC81330202017181LGN00", "displayId": "LC08\_L1TP\_133020\_20170630\_20170714\_01\_T1", "metadataUrl": "https://earthexplorer.usgs.gov/metadata/xml/12864/LC81330202017181LGN00/", "fgdcMetadataUrl": "https://earthexplorer.usgs.gov/fgdc/12864/LC81330202017181LGN00/save\_xml", "modifiedDate": "2017-07-14", "orderUrl": "https://earthexplorer.usgs.gov/order/process?dataset\_name=LANDSAT\_8\_C1&ordered=LC81330202017181LGN00&node=INVSVC", "bulkOrdered": false, "ordered": false, "summary": "Entity ID: LC08\_L1TP\_133020\_20170630\_20170714\_01\_T1, Acquisition Date: 30-JUN-17, Path: 133, Row: 20"}, {"acquisitionDate": "2017-07-23", "startTime": "2017-07-23", "endTime": "2017-07-23", "spatialFootprint": {"type": "Polygon", "coordinates": [[[106.42775, 59.51599], [109.62666, 58.97795], [110.81642, 60.63432], [107.46395, 61.19023],

[106.42775,59.51599]]}], "sceneBounds": "106.42775,58.97795,110.81642,61.19023",  
 "browseUrl": "https://earthexplorer.usgs.gov/browse/landsat\_8\_c1/2017/134/018  
 /LC08\_L1TP\_134018\_20170723\_20170729\_01\_T1.jpg", "dataAccessUrl": "https://earthexplorer.usgs.gov/order/process?dataset\_name=LANDSAT\_8\_C1&ordered=LC81340182017204LGN00&node=INVSVC", "downloadUrl": "https://earthexplorer.usgs.gov/download/external/options/LANDSAT\_8\_C1/LC81340182017204LGN00/INVSVC/", "entityId": "LC81340182017204LGN00", "displayId": "LC08\_L1TP\_134018\_20170723\_20170729\_01\_T1", "metadataUrl": "https://earthexplorer.usgs.gov/metadata/xml/12864/LC81340182017204LGN00/", "fgdcMetadataUrl": "https://earthexplorer.usgs.gov/fgdc/12864/LC81340182017204LGN00/save\_xml", "modifiedDate": "2017-07-28", "orderUrl": "https://earthexplorer.usgs.gov/order/process?dataset\_name=LANDSAT\_8\_C1&ordered=LC81340182017204LGN00&node=INVSVC", "bulkOrdered": false, "ordered": false, "summary": "Entity ID: LC08\_L1TP\_134018\_20170723\_20170729\_01\_T1, Acquisition Date: 23-JUL-17, Path: 134, Row: 18"},  
 {"acquisitionDate": "2017-07-23", "startTime": "2017-07-23", "endTime": "2017-07-23",  
 "spatialFootprint": {"type": "Polygon", "coordinates": [[[105.63043,58.11615],  
 [108.71369,57.59422], [109.81969,59.258], [106.59477,59.79567], [105.63043,58.11615]]]}},  
 "sceneBounds": "105.63043,57.59422,109.81969,59.79567", "browseUrl": "https://earthexplorer.usgs.gov/browse/landsat\_8\_c1/2017/134/019/LC08\_L1TP\_134019\_20170723\_20170729\_01\_T1.jpg", "dataAccessUrl": "https://earthexplorer.usgs.gov/order/process?dataset\_name=LANDSAT\_8\_C1&ordered=LC81340192017204LGN00&node=INVSVC", "downloadUrl": "https://earthexplorer.usgs.gov/download/external/options/LANDSAT\_8\_C1/LC81340192017204LGN00/INVSVC/", "entityId": "LC81340192017204LGN00", "displayId": "LC08\_L1TP\_134019\_20170723\_20170729\_01\_T1", "metadataUrl": "https://earthexplorer.usgs.gov/metadata/xml/12864/LC81340192017204LGN00/", "fgdcMetadataUrl": "https://earthexplorer.usgs.gov/fgdc/12864/LC81340192017204LGN00/save\_xml", "modifiedDate": "2017-07-28", "orderUrl": "https://earthexplorer.usgs.gov/order/process?dataset\_name=LANDSAT\_8\_C1&ordered=LC81340192017204LGN00&node=INVSVC", "bulkOrdered": false, "ordered": false, "summary": "Entity ID: LC08\_L1TP\_134019\_20170723\_20170729\_01\_T1, Acquisition Date: 23-JUL-17, Path: 134, Row: 19"},  
 {"acquisitionDate": "2017-07-23", "startTime": "2017-07-23", "endTime": "2017-07-23",  
 "spatialFootprint": {"type": "Polygon", "coordinates": [[[104.88472,56.71192],  
 [107.86079,56.2046], [108.89306,57.87506], [105.78615,58.39623], [104.88472,56.71192]]]}},  
 "sceneBounds": "104.88472,56.2046,108.89306,58.39623", "browseUrl": "https://earthexplorer.usgs.gov/browse/landsat\_8\_c1/2017/134/020/LC08\_L1TP\_134020\_20170723\_20170729\_01\_T1.jpg", "dataAccessUrl": "https://earthexplorer.usgs.gov/order/process?dataset\_name=LANDSAT\_8\_C1&ordered=LC81340202017204LGN00&node=INVSVC", "downloadUrl": "https://earthexplorer.usgs.gov/download/external/options/LANDSAT\_8\_C1/LC81340202017204LGN00/INVSVC/", "entityId": "LC81340202017204LGN00", "displayId": "LC08\_L1TP\_134020\_20170723\_20170729\_01\_T1", "metadataUrl": "https://earthexplorer.usgs.gov/metadata/xml/12864/LC81340202017204LGN00/", "fgdcMetadataUrl": "https://earthexplorer.usgs.gov/fgdc/12864/LC81340202017204LGN00/save\_xml", "modifiedDate": "2017-07-28", "orderUrl": "https://earthexplorer.usgs.gov/order/process?dataset\_name=LANDSAT\_8\_C1&ordered=LC81340202017204LGN00&node=INVSVC", "bulkOrdered": false, "ordered": false, "summary": "Entity ID: LC08\_L1TP\_134020\_20170723\_20170729\_01\_T1, Acquisition Date: 23-JUL-17, Path: 134, Row: 20"},  
 {"acquisitionDate": "2017-07-23", "startTime": "2017-07-23", "endTime": "2017-07-23",  
 "spatialFootprint": {"type": "Polygon", "coordinates": [[[104.18492,55.30508],  
 [107.06175,54.81101], [108.02898,56.48734], [105.03116,56.99358], [104.18492,55.30508]]]}},  
 "sceneBounds": "104.18492,54.81101,108.02898,56.99358", "browseUrl": "https://earthexplorer.usgs.gov/browse/landsat\_8\_c1/2017/134/021/LC08\_L1TP\_134021\_20170723\_20170729\_01\_T1.jpg", "dataAccessUrl": "https://earthexplorer.usgs.gov/order/process?dataset\_name=LANDSAT\_8\_C1&ordered=LC81340212017204LGN00&node=INVSVC", "downloadUrl": "https://earthexplorer.usgs.gov/download/external/options/LANDSAT\_8\_C1/LC81340212017204LGN00/INVSVC/", "entityId": "LC81340212017204LGN00", "displayId": "LC08\_L1TP\_134021\_20170723\_20170729\_01\_T1", "metadataUrl": "https://earthexplorer.usgs.gov/metadata/xml/12864/LC81340212017204LGN00/", "fgdcMetadataUrl": "https://earthexplorer.usgs.gov/fgdc/12864/LC81340212017204LGN00/save\_xml", "modifiedDate": "2017-07-28", "orderUrl": "https://earthexplorer.usgs.gov/order/process?dataset\_name=LANDSAT\_8\_C1&ordered=LC81340212017204LGN00&node=INVSVC", "bulkOrdered": false, "ordered": false, "summary": "Entity ID: LC08\_L1TP\_134021\_20170723\_



20170729\_01\_T1, Acquisition Date: 23-JUL-17, Path: 134, Row: 21"},  
{"acquisitionDate": "2017-07-30", "startTime": "2017-07-30", "endTime": "2017-07-30",  
"spatialFootprint": {"type": "Polygon", "coordinates": [[[104.87616, 59.51606],  
[108.07517, 58.97812], [109.26471, 60.63454], [105.91213, 61.19034], [104.87616, 59.51606]]]},  
"sceneBounds": "104.87616, 58.97812, 109.26471, 61.19034", "browseUrl": "https://  
earthexplorer.usgs.gov/browse/landsat\_8\_c1/2017/135/018/  
LC08\_L1TP\_135018\_20170730\_20180524\_01\_T1.jpg", "dataAccessUrl": "https://  
earthexplorer.usgs.gov/order/process?dataset\_name=LANDSAT\_8\_C1&  
ordered=LC81350182017211LGN01&node=INVSVC", "downloadUrl": "https://earthexplorer.  
usgs.gov/download/external/options/LANDSAT\_8\_C1/LC81350182017211LGN01/INVSVC/",  
"entityId": "LC81350182017211LGN01", "displayId": "LC08\_L1TP\_135018\_20170730\_20180524\_0  
1\_T1", "metadataUrl": "https://earthexplorer.usgs.gov/metadata/xml/12864/  
LC81350182017211LGN01/", "fgdcMetadataUrl": "https://earthexplorer.usgs.gov/fgdc/  
12864/LC81350182017211LGN01/save\_xml", "modifiedDate": "2018-05-24", "orderUrl":  
"https://earthexplorer.usgs.gov/order/process?dataset\_name=LANDSAT\_8\_C1&  
ordered=LC81350182017211LGN01&node=INVSVC", "bulkOrdered": false, "ordered": false,  
"summary": "Entity ID: LC08\_L1TP\_135018\_20170730\_20180524\_01\_T1, Acquisition Date:  
30-JUL-17, Path: 135, Row: 18"}, {"acquisitionDate": "2017-08-06", "startTime":  
"2017-08-06", "endTime": "2017-08-06", "spatialFootprint": {"type": "Polygon",  
"coordinates": [[[103.3294, 59.51604], [106.52852, 58.97804], [107.71811, 60.63441],  
[104.36544, 61.19028], [103.3294, 59.51604]]]}, "sceneBounds": "103.3294, 58.97804,  
107.71811, 61.19028", "browseUrl": "https://earthexplorer.usgs.gov/browse/  
landsat\_8\_c1/2017/136/018/LC08\_L1TP\_136018\_20170806\_20170813\_01\_T1.jpg",  
"dataAccessUrl": "https://earthexplorer.usgs.gov/order/process?dataset\_name=  
LANDSAT\_8\_C1&ordered=LC81360182017218LGN00&node=INVSVC", "downloadUrl": "https://  
earthexplorer.usgs.gov/download/external/options/LANDSAT\_8\_C1/LC81360182017  
218LGN00/INVSVC/", "entityId": "LC81360182017218LGN00", "displayId":  
"LC08\_L1TP\_136018\_20170806\_20170813\_01\_T1", "metadataUrl": "https://earthexplorer.us  
gs.gov/metadata/xml/12864/LC81360182017218LGN00/", "fgdcMetadataUrl": "https://  
earthexplorer.usgs.gov/fgdc/12864/LC81360182017218LGN00/save\_xml",  
"modifiedDate": "2017-08-12", "orderUrl": "https://earthexplorer.usgs.gov/proc  
ess?dataset\_name=LANDSAT\_8\_C1&ordered=LC81360182017218LGN00&node=INVSVC", "bulkOrdered":  
false, "ordered": false, "summary": "Entity ID: LC08\_L1TP\_136018\_20170806\_20170813\_01\_T1,  
Acquisition Date: 06-AUG-17, Path: 136, Row: 18"}, {"acquisitionDate": "2017-08-06",  
"startTime": "2017-08-06", "endTime": "2017-08-06", "spatialFootprint": {"type": "Polygon",  
"coordinates": [[[102.532, 58.11594], [105.61551, 57.59402], [106.72136, 59.25784], [103.49618,  
59.79547], [102.532, 58.11594]]]}, "sceneBounds": "102.532, 57.59402, 106.72136, 59.79547",  
"browseUrl": "https://earthexplorer.usgs.gov/browse/landsat\_8\_c1/2017/136/019/  
LC08\_L1TP\_136019\_20170806\_20170813\_01\_T1.jpg", "dataAccessUrl": "https://  
earthexplorer.usgs.gov/order/process?dataset\_name=LANDSAT\_8\_C1&  
ordered=LC81360192017218LGN00&node=INVSVC", "downloadUrl": "https://earthexplorer.us  
gs.gov/download/external/options/LANDSAT\_8\_C1/LC81360192017218LGN00/INVSVC/",  
"entityId": "LC81360192017218LGN00", "displayId": "LC08\_L1TP\_136019\_20170806\_20170813\_0  
1\_T1", "metadataUrl": "https://earthexplorer.usgs.gov/metadata/xml/12864/LC81360  
192017218LGN00/", "fgdcMetadataUrl": "https://earthexplorer.usgs.gov/fgdc/12864/  
LC81360192017218LGN00/save\_xml", "modifiedDate": "2017-08-12", "orderUrl": "https://  
earthexplorer.usgs.gov/order/process?dataset\_name=LANDSAT\_8\_C1&  
ordered=LC81360192017218LGN00&node=INVSVC", "bulkOrdered": false, "ordered": false,  
"summary": "Entity ID: LC08\_L1TP\_136019\_20170806\_20170813\_01\_T1, Acquisition Date:  
06-AUG-17, Path: 136, Row: 19"}, {"acquisitionDate": "2017-08-10", "startTime":  
"2017-08-10", "endTime": "2017-08-10", "spatialFootprint": {"type": "Polygon",  
"coordinates": [[[108.70981, 58.11608], [111.79351, 57.5942], [112.89921, 59.25802],  
[109.67383, 59.79563], [108.70981, 58.11608]]]}, "sceneBounds": "108.70981, 57.5942,  
112.89921, 59.79563", "browseUrl": "https://earthexplorer.usgs.gov/browse/landsat\_8  
\_c1/2017/132/019/LC08\_L1TP\_132019\_20170810\_20170824\_01\_T1.jpg", "dataAccessUrl":  
"https://earthexplorer.usgs.gov/order/process?dataset\_name=LANDSAT\_8\_C1&  
ordered=LC81320192017222LGN00&node=INVSVC", "downloadUrl": "https://earthexplorer.us  
gs.gov/download/external/options/LANDSAT\_8\_C1/LC81320192017222LGN00/INVSVC/",  
"entityId": "LC81320192017222LGN00", "displayId": "LC08\_L1TP\_132019\_20170810\_20170824\_0  
1\_T1", "metadataUrl": "https://earthexplorer.usgs.gov/metadata/xml/12864/LC81320

```

192017222LGN00\/", "fgdcMetadataUrl": "https:\\\/earthexplorer.usgs.gov\/fgdc\/12864\/
LC81320192017222LGN00\/save_xml", "modifiedDate": "2017-08-24", "orderUrl": "https:\\\/
earthexplorer.usgs.gov\/order\/process?dataset_name=LANDSAT_8_C1&
ordered=LC81320192017222LGN00&node=INVSVC", "bulkOrdered": false, "ordered": false,
"summary": "Entity ID: LC08_L1TP_132019_20170810_20170824_01_T1, Acquisition Date:
10-AUG-17, Path: 132, Row: 19"}, {"acquisitionDate": "2017-08-13", "startTime":
"2017-08-13", "endTime": "2017-08-13", "spatialFootprint": {"type": "Polygon",
"coordinates": [[[101.77973, 59.51607], [104.97902, 58.97817], [106.16837, 60.63456],
[102.81551, 61.19032], [101.77973, 59.51607]]]}}, {"sceneBounds": "101.77973, 58.97817,
106.16837, 61.19032", "browseUrl": "https:\\\/earthexplorer.usgs.gov\/browse\/landsat_8
_c1\/2017\/137\/018\/LC08_L1TP_137018_20170813_20170824_01_T1.jpg", "dataAccessUrl":
"https:\\\/earthexplorer.usgs.gov\/order\/process?dataset_name=LANDSAT_8_C1&
ordered=LC81370182017225LGN00&node=INVSVC", "downloadUrl": "https:\\\/earthexplorer.us
gs.gov\/download\/external\/options\/LANDSAT_8_C1\/LC81370182017225LGN00\/INVSVC\/",
"entityId": "LC81370182017225LGN00", "displayId": "LC08_L1TP_137018_20170813_20170824_
01_T1", "metadataUrl": "https:\\\/earthexplorer.usgs.gov\/metadata\/xml\/12864\/LC8137
0182017225LGN00\/", "fgdcMetadataUrl": "https:\\\/earthexplorer.usgs.gov\/fgdc\/12864\/
LC81370182017225LGN00\/save_xml", "modifiedDate": "2017-08-24", "orderUrl": "https:\\\/
earthexplorer.usgs.gov\/order\/process?dataset_name=LANDSAT_8_C1&
ordered=LC81370182017225LGN00&node=INVSVC", "bulkOrdered": false, "ordered": false,
"summary": "Entity ID: LC08_L1TP_137018_20170813_20170824_01_T1, Acquisition Date:
13-AUG-17, Path: 137, Row: 18"}, {"acquisitionDate": "2017-09-11", "startTime":
"2017-09-11", ...}

```

### **Задача 3.1.5. Выделение однородных объектов. Классификация с помощью деревьев решений (5 баллов)**

Точка с географическими координатами  $59^{\circ}31'14''$  северной широты и  $105^{\circ}36'10''$  восточной долготы находится не только в пределах гари от пожара 2018 года, но и, вместе с самой гарью, в пределах границ крупной малонарушенной лесной территории (МЛТ; <http://www.intactforests.org/>). Скачайте с уже знакомого вам сайта Intactforests.org (<http://www.intactforests.org/data.ifl.html>) границы МЛТ по состоянию на 2016 год и выберите контур (полигон), в пределах которого находится указанная точка и гарь.

С помощью DTclassifier (<http://gis-lab.info/qa/dtclassifier.html>) выделите все недавно пройденные огнём территории (те, на которых сигнал от грунта и углей преобладает над сигналом от живой древесной растительности) в пределах данного контура МЛТ и (одновременно) в пределах скачанного Вами ранее снимка Landsat 8. Обратите внимание, что при таком подходе в пределах уже известной вам гари выделится меньшая площадь, чем в Задаче 3, где вы включали в общий контур гари болота и другие участки с сохранившейся растительностью.

Контур данной МЛТ выходит за пределы снимка - используйте только часть контура, попадающего в пределы снимка, иначе говоря, - пересечение снимка с контуром МЛТ. В пределы снимка также попадают другие МЛТ, расположенные по соседству, - игнорируйте их. Ваша задача - выделить все гари ТОЛЬКО в пределах данного контура МЛТ, в части, покрываемой данным снимком Landsat.

Переведите результат классификации в векторный полигональный слой. В QGIS это можно сделать с помощью инструмента "Создание полигонов (растр в вектор)". Добавьте числовое поле в атрибутивную таблицу полученного векторного слоя и рассчитайте площадь каждого контура (полигона) средствами QGIS в той же проекции, в которой находится космический снимок. Запаситесь терпением, временем и компьютерными мощностями. Результат автоматической классификации обычно име-

ет довольно сложную конфигурацию границ, и их векторизация и геометрические расчеты занимают немало времени. Для облегчения задачи вы можете применить различные инструменты сглаживания, обрабатывать полученный растр по частям или рассчитать площадь по растровым данным (предварительно убедившись, что это не вносит существенных искажений). Ручная "доводка" результатов автоматического дешифрирования также является допустимой практикой.

Переведите результат в гектары и округлите до десятков.

### *Пояснения к ответу*

Как и все задачи на дешифрирование космических снимков, данная задача не имеет единственного «правильного» пути решения, который ведёт к корректному результату. Выделить сгоревшие территории можно десятками различных способов, включая выделение вручную.

Использование предлагаемого программного обеспечения, DTclassifier, реализующего один из популярных алгоритмов классификации, «деревья решений», достаточно исчерпывающе описано по ссылке, приведённым непосредственно в условии задачи.

В гораздо большей степени, чем от выбора алгоритма и от реализующего его программного обеспечения, результат зависит от обучающих выборок, на которых происходит обучение большинства алгоритмов. Обучающие выборки (трейнинги) участники должны были нарисовать вручную в виде векторных контуров, охватывающих примеры характерных участков, относящихся и не относящихся к гарям. Примеры таких трейнингов приведены на рисунке ниже. Жёлтым цветом показаны участки гарей, синим – примеры других типов растительного покрова.



Результаты классификации, которые обычно получаются в виде растровых наборов данных, можно перевести в векторный формат (оцифровать границы выделенных участков гарей) для дальнейших операций и подсчета площадей либо оставить в растровом формате. В последнем случае подсчет площадей можно произвести с помощью подсчёта количества пикселей, которым присвоено значение, соответствующее наличию выделяемых объектов – гарей. (В случае работы с DTclassifier'ом таким пикселям присваивается значение «1».)

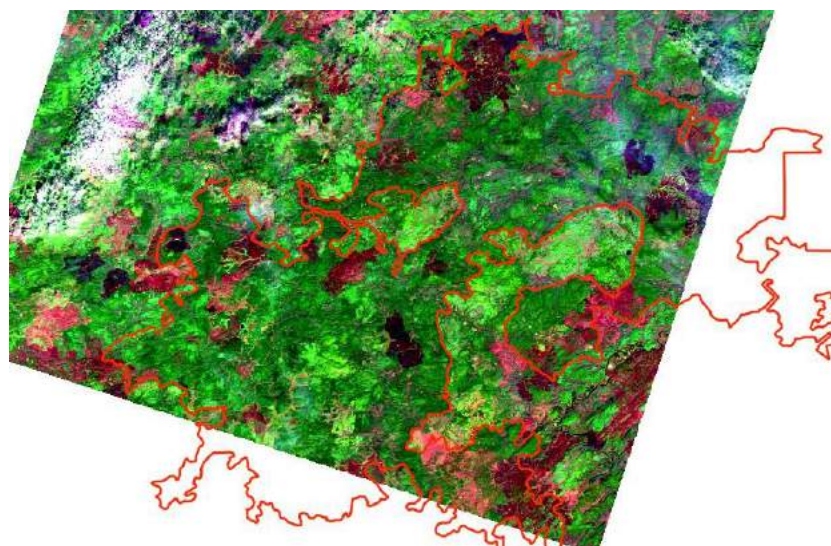
Для подсчета количества пикселей в пределах векторного контура малонарушенной лесной территории, в QGIS можно воспользоваться инструментом «Зональная статистика». Зная размер пикселя (пространственное разрешение) снимка Landsat (30x30 метров) можно посчитать общую площадь выделенных гарей как произведение 900 кв.м. на количество пикселей, определённых в качестве гари в пределах данного векторного контура.

Можно пойти и по другому пути анализа результатов дешифрирования, используя навыки геообработки (пересечения) векторных наборов данных и подсчета площадей полигонов, полученных в результате решения предыдущих задач. Для этого необходимо перевести результат классификации в векторный полигональный слой. В QGIS это можно сделать с помощью инструмента «Создание полигонов (растр в вектор)». Данная функция описана в руководстве пользователя: [https://docs.nextgis.ru/docs\\_ngqgis/source/raster\\_op.html#id7](https://docs.nextgis.ru/docs_ngqgis/source/raster_op.html#id7).

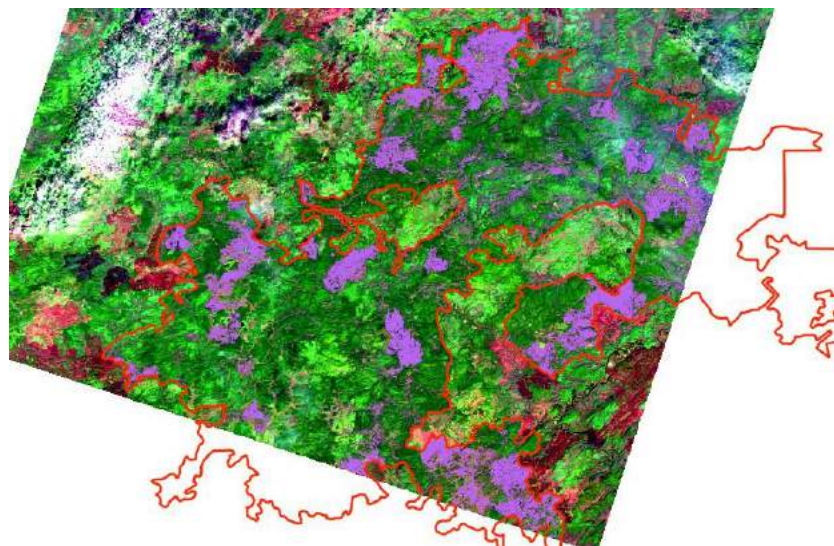
В QGIS такая операция может занять достаточно много времени, так как результат автоматической классификации обычно имеет довольно сложную конфигурацию границ. Облегчить векторизацию можно, используя инструменты сглаживания полученного в результате классификации растра. Один из алгоритмов сглаживания реализован непосредственно в DTclassifier.

Также работа утилиты, переводящей растровые данные в векторные, существенно облегчится, если сразу обрезать результаты классификации космического снимка векторными границами малонарушенной лесной территории. Сделать это в QGIS можно с помощью инструмента «Обрезка» из меню «Растр». Работа с ним также описана в руководстве пользователя: [https://docs.nextgis.ru/docs\\_ngqgis/source/raster\\_op.html#id12](https://docs.nextgis.ru/docs_ngqgis/source/raster_op.html#id12). В этом случае результат векторизации уже не потребует повторно обрезать границами малонарушенной лесной территории.

Пример вида исходного снимка Landsat и результата выделения на нём свежих гарей приведены на рисунках ниже. Красным показан контур малонарушенной лесной территории, в пределах которой необходимо произвести подсчёты.



Выделенные в результате классификации участки свежих гарей показана сиреневым цветом:



**Ответ:** 170 000. В силу того, что выделение свежих гарей на данной территории Восточной Сибири является достаточно сложной задачей, ответы для этой задачи принимались с достаточно большой погрешностью. Правильным считался ответ с погрешностью  $\pm 80\,000$ .

### *Задача 3.1.6. Анализ изменений (3 балла)*

С помощью DTclassifier (<http://gis-lab.info/qa/dtclassifier.html>) или иным способом, выделите в пределах той же территории, что и в Задаче 5 (часть контура малонарушенной лесной территории (<http://www.intactforests.org/>), попадающей в пределы скачанного вами первого снимка Landsat), все гари только от пожаров 2018 года. Для этого Вам будет необходимо скачать ещё один или несколько снимков Landsat на ту же территорию, снятых после окончания пожарного сезона 2017 года, но до соответствующих пожаров 2018 года. Возможно, что из-за облачности некоторые гари будут видны на одних снимках и закрыты облаками на других.

Чтобы расширить диапазон используемых вами снимков, с помощью того же EarthExplorer (<https://earthexplorer.usgs.gov/>)

Вы можете скачать на ту же территорию также снимки со спутника Landsat 7 (<https://ru.wikipedia.org/wiki/Landsat-7>).

Этот аппарат, запущенный ещё в 1999 году, продолжает работать до сих пор. И хотя с 2003, в результате поломки ([https://ru.wikipedia.org/wiki/Landsat-7#%D0%A1%D0%B1%D0%BE%D0%B9\\_Scan\\_Line\\_Corrector](https://ru.wikipedia.org/wiki/Landsat-7#%D0%A1%D0%B1%D0%BE%D0%B9_Scan_Line_Corrector)), на его снимках теряется около четверти информации (визуально это выглядит как тёмные полосы на большей части изображения), оставшаяся информация может быть полезной (например, для решения о времени пожара).

Помните, что спектральные каналы Landsat 7 отличаются от Landsat 8 (<https://landsat.usgs.gov/what-are-band-designations-landsat-satellites>), а спектрально близкие каналы имеют другую нумерацию (<http://gis-lab.info/qa/landsat-bandcomb.html>). Так, каналам 4, 5 и 6 Landsat 8 соответствуют каналы 3, 4 и 5 Landsat 7.

Вы можете применить DTclassifier (<http://gis-lab.info/qa/dtclassifier.html>) или иную технологию для сравнения двух снимков (change detection). Также, если

вы успешно справились с Задачей 5, вы можете отсортировать вручную те гари, которые произошли в 2018 году. Кроме того, свежие гари отличаются от прошлогодних и по спектральным характеристикам - вы можете попытаться выделить их с помощью классификации одного снимка.

Если из-за высокой облачности вам не хватает снимков Landsat, чтобы решить, в каком году произошёл тот или иной конкретный пожар, обратитесь к другим снимкам среднего и низкого разрешения и продуктам на их основе, доступным онлайн. Например, воспользуйтесь геопорталом "Карта пожаров" (<http://fires.ru/>) российской компании "СКАНЭКС Worldview" (<https://worldview.earthdata.nasa.gov/>) американского космического агентства НАСА и/или LandLook Viewer (<https://landlook.usgs.gov/viewer.html>) Геологической службы США (USGS).

Результат также переведите в гектары и округлите до десятков.

### *Пояснения к ответу*

Данную задачу можно решать различными способами. Самый очевидный (хотя и не самый точный) метод состоит в том, чтобы найти и скачать на ту же территорию доступные космические снимки конца 2017 / начала 2018 года и произвести по ним аналогичным методом выделение гарей, существовавших в конце пожарного 2017 года. Разница в площади даст искомый ответ.

Другой подход состоит в выделении гарей 2018 года сразу в результате совместной классификации двух космических снимков на одну и ту же территорию. Пример такого подхода с использованием DTclassifier'a оказан на видео, доступном по этой ссылке (приводимой в условии задачи): <http://nextgis.ru/blog/dtclassifier-is-back/>. Такой метод должен давать более точные результаты, чем описанный выше.

Но, пожалуй, самый простой подход может состоять в том, чтобы выбрать из контуров гарей, полученных в результате решения предыдущей Задачи 5, те, которые появились в 2018 году. Сделать это можно, обведя гари 2018 года по другим источникам. Сделать это можно, в большинстве случаев, достаточно грубо. Для этого достаточно воспользоваться геопорталом <http://fires.ru/>, знакомым участникам по задачам первого этапа Олимпиады. Выбрав соответствующий временной интервал, охватывающий пожарный сезон 2018 года, можно вручную обвести примерными контурами все группы зафиксированных в 2018 году термоточек. Данный слой можно сохранить в качестве набора векторных данных в формате SHAPE (правда, делать это надо не на <http://fires.ru/>, а на «материнском» геопортале <http://kosmosnimki.ru/>, где также можно вывести точки пожаров).

Более точно границу придётся провести только в случаях, когда пожар 2018 года произошёл частично на территории гарей прошлых лет. В данном случае необходимо воспользоваться тем же снимком Landsat, который использовался в Задаче 5. Границы самых свежих и более старых гарей различаются на нём по своим спектральным характеристикам.

Полученные грубые векторные границы можно использовать для обрезки более точных границ гарей, полученных в результате решения Задачи 5.

**Ответ:** 21 000. В качестве правильного принимался ответ с погрешностью  $\pm 4\ 000$ .

### ***Задача 3.1.7. Итоги пожарного сезона (5 баллов)***

Пользуясь любимыми освоенными вами технологиями, определите площадь, пройденную лесными пожарами в 2018 году, в пределах всего Катангского района Иркутской области. Если вы успешно справились с Задачей 4, то написанный вами скрипт может облегчить вам отбор и скачивание снимков.

Переведите результат в гектары и округлите до десятков.

#### ***Пояснения к ответу***

Данная задача требует использования навыков, полученных при решении предыдущих задач блока, для большей территории. Одним из возможных способов является обработка последовательно нескольких космических снимков на всю территорию Катангского района с последующим объединением результатов в единый набор данных.

Данные геопортала <http://fires.ru/> могут использоваться в качестве источника дополнительной информации для разделения гарей 2018 года и более ранних.

Необходимость обработки нескольких разнородных снимков при ограниченном числе выделяемых объектов делает в данном случае конкурентоспособным применение визуального дешифрирования. То есть ограниченное число гарей только 2018 года может оказаться проще обвести «вручную». Решение принимается участниками на основании своих знаний и опыта.

**Ответ:** 200 000. В качестве правильного принимался ответ с погрешностью  $\pm 80\,000$  ( $\pm 40\%$ ).

### ***Задача 3.1.8. Анализ результатов дешифрирования (5 баллов)***

Используя уже знакомые Вам инструменты геообработки, определите, какая доля площади гарей от пожаров 2018 года в пределах Катангского района Иркутской области находится внутри малонарушенных лесных территорий (МЛТ; <http://www.intactforests.org>).

Ответ выразите в процентах с округлением до десятых долей процента и внесите в поле ниже.

#### ***Пояснения к ответу***

Задача во многом аналогичная Задаче 1 данного блока. Здесь также требуется, используя инструменты геообработки, получить пересечение уже знакомого по предыдущим задачам набора векторных данных границ малонарушенных лесов и набора данных с границами гарей 2018 года, полученного в ходе решения предыдущей Задачи 7.

После чего необходимо рассчитать площади полученного пересечения и найти их долю в процентах от общей площади гарей 2018 года в пределах Катангского района Иркутской области, известной из результатов предыдущей Задачи 7.

**Ответ:** 34%. В качестве правильного принимался ответ с погрешностью  $\pm 3\%$ .

## 3.2. Задачи на пространственный анализ

### *Задача 3.2.1. Вычисление площадей. Концессии на разведку и добычу полезных ископаемых в Бразилии (1 балл)*

Посчитайте суммарную площадь всех концессий, переданных/передаваемых компаниям для разведки (Exploration) и/или добычи (Exploitation) полезных ископаемых в Бразилии. Определите именно суммарную площадь выданных лицензий: если территории двух концессий перекрываются (например, лицензия выдаётся на добычу разных видов полезных ископаемых на одной территории), посчитайте такую площадь дважды.

Данные о границах всех участков, выделенных / планируемых для добычи или разведки полезных ископаемых (включая уже переданные компаниям), по Бразилии (Brazil mining concessions) загрузите с портала Всемирной лесной вахты (Global Forest Watch; <https://www.globalforestwatch.org/>).

Вычисления площадей производите в равновеликой конической проекции Альберса для Южной Америки (South America Albers Equal Area Conic) с центральным меридианом 60 градусов западной долготы и главными параллелями 5 и 42 градуса южной широты в Южно-американской системе координат 1969 года (EPSG:102033).

Ответ представьте в гектарах с округлением до десятков.

#### *Пояснения к ответу*

Задачи 1-4 данного блока во многом являются аналогом Задачи А первого блока. Здесь также, в конечном итоге, требуется найти площадь пересекающихся частей двух наборов векторных пространственных данных. Однако, в данном случае решение задачи осложнено низким качеством исходных данных, в которых требуется исправить ошибки топологии, препятствующие выполнению некоторых операций. Вся последовательность действий разбита на этапы и представлена в виде четырех отдельных задач.

Задача 1 требует выполнения уже встречавшейся участниками операции – вычисления площадей всех, входящих в состав векторного набора данных замкнутых контуров (полигонов). Предварительно участники должны были найти на портале Всемирной лесной вахты (<https://www.globalforestwatch.org/>) необходимый набор данных (легко находится по ключевым словам названия, приведённого в условии задачи), скачать его к себе на компьютер и распаковать.

Как и в Задаче А первого блока, из скачанного набора данных необходимо было выбрать часть объектов (полигонов) по информации в атрибутивной таблице, воспользовавшись для этого инструментом QGIS «Выбрать по выражению...» (или аналогичным в другой ГИС-системе). Выбранные полигоны лучше всего сохранить в отдельный набор векторных данных.

Также для корректного подсчета площадей полученный набор данных было необходимо перевести в указанную в условиях задачи географическую проекцию.

**Ответ:** 96 550 000. В качестве правильного принимался ответ с погрешностью  $\pm 700$  000.



### ***Задача 3.2.2. Вычисление общей площади перекрывающихся полигонов. Концессии на разведку и добычу полезных ископаемых в Бразилии (3 балла)***

Общие суммарные цифры площадей, переданных в концессию для разведки и добычи полезных ископаемых, хорошо смотрятся в правительственных отчётах. Однако, в реальности - для оценки, скажем, экологического ущерба от такой деятельности - часто важнее знать общую реальную площадь, которая будет затронута геологической деятельностью. Для этого надо исключить двойной учёт перекрывающихся участков концессий.

Посчитайте общую площадь, попадающую в пределы концессионных участков, переданных/передаваемых компаниям для разведки (Exploration) и/или добычи (Exploitation) полезных ископаемых в Бразилии, исключив повторный подсчёт площадей перекрывающихся территорий.

Вы можете использовать инструмент "Объединение по признаку" ("Dissolve" - растворение границ"), чтобы слить вместе все полигоны (контуры) с определёнными значениями полей в атрибутивной таблице или вообще все полигоны вместе (в том числе перекрывающиеся). Вы можете также объединять пересекающиеся полигоны в режиме редактирования векторного слоя, используя инструмент "Объединение объектов" (Merge).

Однако, автоматическая обработка всех полигонов в таком объёмном наборе данных как границы концессионных участков по всей Бразилии может не сработать (особенно при использовании свободного программного обеспечения, такого как QGIS), если исходный набор данных содержит топологические ошибки. А в большой официальной базе данных, пополняемой разными людьми, топологические ошибки - обычное дело. Будьте готовы потратить существенное время на объединение полигонов по частям, в "ручном" режиме, а также на поиск топологических ошибок и их исправление с помощью, например, инструмента "Редактирование узлов" и других средств.

Только убедившись, что в Вашем слое теперь отсутствуют перекрывающиеся полигоны, приступайте к вычислениям площадей. Как и в предыдущей задаче, вычисления площадей производите в равновеликой конической проекции Альберса для Южной Америки (South America Albers Equal Area Conic) с центральным меридианом 60 градусов западной долготы и главными параллелями 5 и 42 градуса южной широты в Южно-американской системе координат 1969 года (EPSG:102033).

Ответ представьте в гектарах с округлением до десятков.

#### ***Пояснения к ответу***

Данная задача, прежде всего, проверяет навыки участников в редактировании векторных данных, умение находить и исправлять топологические ошибки. К сожалению, исходные данные для геопространственного анализа, могут содержать топологические ошибки. Особенно от этого страдают данные в больших государственных базах данных, которые редактируются разными людьми в течение большого периода времени.

В некоторых ГИС системах такие ошибки могли быть исправлены автоматически, например, в ходе операции "Объединение по признаку" ("Dissolve"). Однако, в версии этой функции, использованной в QGIS, имеющиеся топологические ошибки

не позволяют успешно завершить данную операцию.

QGIS имеет несколько встроенных и подключаемых модулей поиска топологических ошибок, которыми участники могли бы воспользоваться. Однако, самым простым, хотя и трудоёмким, способом в данном случае является объединение пересекающихся полигонов по частям «вручную» в режиме редактирования векторного слоя, используя инструмент "Объединение объектов" (Merge). В ходе такого объединения полигоны, содержащие топологические ошибки, не смогут объединяться с другими. Пытаясь объединять разное количество полигонов (в принципе, инструмент позволяет объединять сотни полигонов сразу), можно выявить те, которые содержат ошибки.

Их необходимо исправлять в ручном режиме с помощью инструмента "Редактирование узлов" – как это прямо рекомендовано в условиях задачи. В большинстве случаев речь идёт об узлах, оказавшихся внутри полигона, но при этом не образующих «дырку». Такие узлы следует помечать с помощью указанного инструмента и удалять. Если после этого полигон объединяется с другими с помощью «Merge», значит – все ошибки исправлены. Если нет – поиск и удаление «проблемных» узлов следует продолжить.

Несмотря на трудоёмкость данного метода, он гарантированно позволяет решить задачу, исправив все топологические ошибки и объединив все полигоны в один или несколько непересекающихся. После чего надо повторить расчёт площадей, не забывая про правильную систему координат, в которой это необходимо сделать.

**Ответ:** 91 500 000. В качестве правильного принимался ответ с погрешностью  $\pm 900 000$ .

### ***Задача 3.2.3. Геообработка и пространственный анализ. Добыча полезных ископаемых в охраняемых природных территориях Амазонии (3 балла)***

Определите площадь, переданную/передаваемую компаниям для разведки (Exploration) и/или добычи (Exploitation) полезных ископаемых, в пределах Бразильской Амазонии, которые попадают в границы существующих (Designated, Inscribed) или планируемых (Proposed) особо охраняемых природных территорий (ООПТ; [https://en.wikipedia.org/wiki/Protected\\_areas\\_of\\_Brazil](https://en.wikipedia.org/wiki/Protected_areas_of_Brazil)) или в границы индейских резерваций ([https://en.wikipedia.org/wiki/Indigenous\\_territory\\_\(Brazil\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Indigenous_territory_(Brazil))).

Данные о границах участков, переданных для добычи или разведки полезных ископаемых, по Бразилии (Brazil mining concessions) загрузите с портала Всемирной лесной вахты (Global Forest Watch; <https://www.globalforestwatch.org/>).

В качестве источника исходных векторных данных по границам ООПТ и границам индейских резерваций используйте Всемирную базу данных по особо охраняемым территориям (World Database on Protected Areas - WDPA; <https://www.unep-wcmc.org/resources-and-data/wdpa>) от Всемирного центра природоохранного мониторинга (World Conservation Monitoring Centre; <https://www.unep-wcmc.org/>) Программы ООН по окружающей среде. Набор векторных данных на весь мир очень велик по объёму - мы рекомендуем вам скачать данные только на нужную вам территорию.

Помните, что концессионные участки могут перекрываться между собой. Анало-

гично и ООПТ разного статуса также могут перекрываться. Одну и ту же площадь не надо считать дважды.

Используйте границы Амазонии, как они определены на карте сухопутных биомов Бразилии (Brazil biomes), созданной в результате сотрудничества Министерства окружающей среды Бразилии (ММА) и Бразильского института географии и статистики (IBGE). Соответствующий набор пространственных данных также доступен через портал Всемирной лесной вахты (<https://www.globalforestwatch.org/>).

Используйте инструменты геообработки (geoprocessing) векторных данных в QGIS или в другом используемом вами программном обеспечении ГИС. Вычисления площадей производите в равновеликой конической проекции Альберса для Южной Америки (South America Albers Equal Area Conic) с центральным меридианом 60 градусов западной долготы и главными параллелями 5 и 42 градуса южной широты в южно-американской системе координат 1969 года (EPSG:102033).

Ответ представьте в гектарах с округлением до десятков.

### *Пояснения к ответу*

В данной задаче необходимо использовать полученный при решении предыдущей Задачи Б набор векторных данных с границами выданных концессий на добычу полезных ископаемых. В нём уже исправлены топологические ошибки, и все полигоны выданных концессий объединены в один или несколько непересекающихся контуров.

Для решения данной задачи этот набор данных необходимо дважды последовательно обрезать двумя другими наборами векторных данных, чтобы получить финальный набор данных, по которому произвести расчет площадей.

Один из этих наборов данных – границы Амазонии, которые также скачиваются с уже известного участникам портала Всемирной лесной вахты (<https://www.globalforestwatch.org/>).

Другой набор векторных данных – уже знакомыми участникам по первому блоку задач границами особо охраняемых природных территорий (ООПТ). (В случае Бразилии он содержит ещё и границы индейских резерваций.) При скачивании этих данных так же, как и в случае с Калимантаном, нужно ограничиться только границами ООПТ на Бразилию.

Набор векторных данных с границами ООПТ, как и границы лицензий на добычу полезных ископаемых, тоже содержит перекрывающиеся полигоны и, вероятно, топологические ошибки. Однако, поскольку они используются только для обрезки другого слоя, устранять в нём перекрывающиеся полигоны и топологические ошибки не нужно. Если мы производим обрезку одного слоя границами другого, достаточно проверить топологию только в обрезаемом слое.

Разумеется, чтобы обрезать в QGIS границы выданных лицензий на добычу полезных ископаемых указанными выше границами Амазонии и ООПТ, все три слоя должны находиться в одной и той же системе координат. В данном случае лучше использовать систему координат, указанную в условиях задачи: исходные данные по лицензиям уже в ней находятся, и площади, по условиям задачи, также требуется рассчитать именно в ней.

После обрезки суммарная площадь полигонов полученного слоя рассчитывается так же, как это делалось в предыдущих задачах.

**Ответ:** 6 850 000. В качестве правильного принимался ответ с погрешностью  $\pm 70$  000.

***Задача 3.2.4. Геообработка и пространственный анализ. Масштабы потенциальной угрозы охраняемым природным территориям Амазонии от добычи полезных ископаемых (2 балла)***

В условиях предыдущей задачи определите, какая доля от общей площади территории в пределах всех существующих (Designated, Inscribed) ООПТ Амазонии окажется под угрозой, если разработка полезных ископаемых будет вестись на территории всех концессий, границы которых сегодня определены и входят в скачанный вами набор пространственных данных.

Ответ выразите в процентах, округлите до десятых долей процента.

***Пояснения к ответу***

В данной задаче требуется подсчитать не абсолютную величину площади, а процент. Таким образом, необходимо найти как общую площадь заданных категорий ООПТ в пределах Амазонии, так и площадь всех ООПТ, попадающих в пределы границ лицензий на добычу полезных ископаемых.

В отличие от предыдущей задачи, здесь нельзя пренебрегать ни фактом наличия перекрывающихся ООПТ, ни топологическими ошибками в данном наборе данных. К счастью, он включает в себя гораздо меньшее число полигонов и не содержит существенных топологических ошибок. Обе проблемы решаются применением к данному набору векторных полигонов в QGIS инструмента "Объединение по признаку" ("Dissolve"). Можно слить все полигоны, выставив соответствующую опцию. Однако, эту операцию надо выполнить уже после того, как из исходного набора данных с границами ООПТ будут выбраны только границы существующих резерватов (Designated, Inscribed), как это требуется в условиях данной задачи. На любом из этапов надо также провести обрезку набора данных границами Амазонии, чтобы получить только границы ООПТ в пределах этого экорегиона.

Также полученный набор векторных данных (границы только существующих ООПТ в пределах Амазонии) необходимо обрезать границами лицензионных участков на разведку и добычу полезных ископаемых. В этом случае нам необходимо использовать уже не только уже переданные лицензионные участки (Exploration, Exploitation), но и все остальные. Поэтому воспользоваться уже подготовленным и очищенным от перекрытий топологических ошибок набором данных из предыдущих задач уже не получится.

В этом и нет необходимости, поскольку исходным набором данных для обрезки будет служить очищенный от перекрытий и топологических ошибок с помощью инструмента "Объединение по признаку" ("Dissolve") набор данных по границам существующих ООПТ Амазонии. Топологические ошибки в обрезающем наборе данных не имеют значения для подсчета площадей в итоговом наборе данных.

Разумеется, при выполнении всех упомянутых операций обрезки участвующие наборы данных должны находиться в одинаковой системе координат. Теоретически,

это не обязательно должна быть использованная в предыдущих задачах равновеликая проекция Альберса: поскольку вычисляются соотношения площадей, а не сами площади, результаты расчета в любой системе координат не должны существенно отличаться. Однако, приведённый ниже ответ получен при расчете в той же системе координат, что и в прошлых задачах.

**Ответ:** 21.5%. В качестве правильного принимался ответ с погрешностью  $\pm 0.5$ .

### ***Задача 3.2.5. Геообработка и пространственный анализ. Формальная охрана малонарушенных лесов Амазонии (3 балла)***

Малонарушенные лесные территории (МЛТ; [http://borealforestplatform.org/ru/intact\\_forest\\_landscapes/](http://borealforestplatform.org/ru/intact_forest_landscapes/), Intact forest landscapes; [https://en.wikipedia.org/wiki/Intact\\_forest\\_landscape](https://en.wikipedia.org/wiki/Intact_forest_landscape)) - это крупные природные ландшафты в пределах лесной зоны, в наименьшей степени нарушенные хозяйственной деятельностью человека. С 2000 года ученые и экологические организации нескольких стран ведут картографирование этих территорий с помощью космических снимков по всему миру. По их данным, площадь МЛТ практически повсеместно сокращается по тем или иным причинам, связанным почти всегда с деятельностью человека. Самые большие площади МЛТ тропиков находятся в Бразилии.

Определите, какая доля (в процентах) общей площади малонарушенных лесных территорий (МЛТ, Intact forest landscapes) Бразилии охраняется в пределах различных особо охраняемых природных территорий (ООПТ; [https://en.wikipedia.org/wiki/Protected\\_areas\\_of\\_Brazil](https://en.wikipedia.org/wiki/Protected_areas_of_Brazil)) и/или индейских резерваций ([https://en.wikipedia.org/wiki/Indigenous\\_territory\\_\(Brazil\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Indigenous_territory_(Brazil))), в которых использование природных ресурсов также ограничено.

Используйте информацию о границах МЛТ по состоянию на 2016 год из набора векторных пространственных данных с сайта Intactforests.org (<http://www.intactforests.org/data.ifl.html>).

В качестве источника исходных векторных данных по границам ООПТ и индейским резервациям используйте Всемирную базу данных по особо охраняемым территориям (World Database on Protected Areas - WDPA; <https://www.unep-wcmc.org/resources-and-data/wdpa>) от Всемирного центра природоохранного мониторинга (World Conservation Monitoring Centre; <https://www.unep-wcmc.org/>) Программы ООН по окружающей среде. Набор векторных данных на весь мир очень велик по объёму - мы рекомендуем вам скачать данные только на нужную вам территорию.

При геообработке и расчетах используйте только границы существующих (Designated), то есть уже созданных, а не планируемых ООПТ. Территории, включенные (Inscribed) в список Всемирного природного наследия ЮНЕСКО (World Heritage List) считайте существующими ООПТ: международный статус обычно гарантирует некую охрану. В реальности такие территории частично или полностью пересекаются с действующими ООПТ.

Используйте инструменты геообработки (geoprocessing) векторных данных в QGIS или в другом используемом вами пространственном обеспечении ГИС. Мы рекомендуем вам производить все операции геообработки с данными в десятичных градусах и перевести в нужную проекцию уже на конечном этапе - это снизит веро-

ятность того, что дадут о себе знать возможные топологические ошибки исходных данных.

Вычисления площадей производите в равновеликой конической проекции Альберса для Южной Америки (South America Albers Equal Area Conic) с центральным меридианом 60 градусов западной долготы и главными параллелями 5 и 42 градуса южной широты в южно-американской системе координат 1969 года (EPSG:102033).

Ответ представьте в процентах с округлением до десятых долей процента.

### *Пояснения к ответу*

Данная задача практически полностью аналогична Задаче А первого блока. Здесь участвуют те же наборы векторных данных – границы малонарушенных лесных территорий и границы особо охраняемых природных территорий. Как и в задаче первого блока, речь идёт только о существующих ООПТ и тоже необходимо посчитать процентное соотношение.

Единственной дополнительной сложностью здесь является необходимость обрезки исходного набора данных по малонарушенным лесам государственными границами Бразилии. Пожалуй, простейший способ сделать это – воспользоваться границами сухопутных экорегионов Бразилии, которая уже использовалась для получения границ Амазонии в предыдущих задачах.

Однако, границы стран в виде наборов векторных ГИС можно найти и во многих других местах. В частности, они есть на портале OpenStreetMap (<https://www.openstreetmap.org>) откуда их можно экспортировать через различные сторонние сайты ([https://wiki.openstreetmap.org/wiki/Processed\\_data\\_providers](https://wiki.openstreetmap.org/wiki/Processed_data_providers)).

**Ответ:** 71.7%. В качестве правильного принимался ответ с погрешностью  $\pm 0.2\%$ .

### *Задача 3.2.6. Геообработка и пространственный анализ. Более-менее надёжная охрана малонарушенных лесов Амазонии (2 балла)*

В условиях предыдущей Задачи определите, какая доля (в процентах) общей площади малонарушенных лесных территорий (МЛТ; [http://borealforestplatform.org/ru/intact\\_forest\\_landscapes/](http://borealforestplatform.org/ru/intact_forest_landscapes/), Intact forest landscapes; [https://en.wikipedia.org/wiki/Intact\\_forest\\_landscape](https://en.wikipedia.org/wiki/Intact_forest_landscape)) Бразилии охраняется в пределах существующих особо охраняемых природных территорий (ООПТ; [https://en.wikipedia.org/wiki/Protected\\_areas\\_of\\_Brazil](https://en.wikipedia.org/wiki/Protected_areas_of_Brazil)), если учитывать ООПТ ТОЛЬКО тех категорий, которые имеют (хотя бы де юре) комплексный режим охраны, направленный на сохранение природных экосистем без вмешательства человека (proteção integral). Не учитывайте при этом категории ООПТ, которые направлены на так называемое "устойчивое использование" лесов и других природных ресурсов, а также индейские резервации (Terras Indígenas).

Территории, включенные в список Всемирного природного наследия ЮНЕСКО (World heritage sites), и водно-болотные угодья международного значения (Wetlands of international Importance), включенные в список Рамсарской конвенции, также не учитывайте в качестве территорий с комплексной охраной: их статус на националь-

ном уровне всё равно обеспечивается конкретными ООПТ, территории которых они в себя включают.

Ответ представьте в процентах с округлением до десятых долей процента.

### *Пояснения к ответу*

От предыдущей задачи отличается только тем, что нужно сделать дополнительную выборку из всего набора данных по ООПТ. По условиям задачи перекрытие с границами малонарушенных лесных территорий необходимо сделать не со всеми существующими ООПТ, а только с тем, которые имеют достаточно строгий режим охраны и комплексный характер.

Для этого необходимо разобраться в бразильской системе категорий ООПТ, которая описана в статье по ссылке, данной в условиях задачи. Данные в тексте задачи термины позволяют разобраться в схеме без глубокого владения английским или испанским языком. Также необходимо разобраться, что соответствующая информация содержится в полях атрибутивной таблицы “DESIG” и “DESIG\_ENG”, что легко сделать, сопоставив содержимое таблицы с информацией из статьи.

**Ответ:** 16.5%. В качестве правильного принимался ответ с погрешностью  $\pm 0.4\%$ .

## **3.3. Картографирование лесов и изменений лесного покрова**

### *Задача 3.3.1. Картографирование влажных тропических лесов (3 балла)*

С помощью портала EarthExplorer (<https://earthexplorer.usgs.gov/>) найдите доступные снимки со спутника Landsat 8 для точки с географическими координатами 18°56'21" южной широты и 48°25'47" восточной долготы за октябрь 2018 года.

С помощью DTclassifier <http://gis-lab.info/qa/dtclassifier.html> (или с помощью другого доступного Вам алгоритма/инструмента) выделите все покрытые лесом территории в пределах данной сцены Landsat 8, которые попадают при этом также в границы существующих или планируемых особо охраняемых природных территорий (ООПТ) всех категорий. Считать лесом любую древесную растительность с сомкнутостью полога 10% и, предположительно, высотой хотя бы 5 метров.

В качестве источника векторных данных по границам ООПТ используйте Всемирную базу данных по особо охраняемым территориям (World Database on Protected Areas - WDPA; <https://www.unep-wcmc.org/resources-and-data/wdpa>) от Всемирного центра природоохранного мониторинга (World Conservation Monitoring Centre; <https://www.unep-wcmc.org/>) Программы ООН по окружающей среде. Набор векторных данных на весь мир очень велик по объёму - мы рекомендуем вам скачать данные только на нужную вам территорию.

Измерьте общую площадь всех покрытых лесом территорий в границах ООПТ в пределах данной сцены Landsat 8, переведите в гектары, округлите до десятков и внесите в поле ниже. Для расчета площади используйте ту же проекцию, в которой

находятся скачанные Вами сцены(a) Landsat 8.

### *Пояснения к ответу*

Решение данной задачи во многом аналогично решению Задачи Д первого блока. В качестве объекта выделения здесь, правда, фигурируют не гари, а влажные тропические леса. Однако, техническая последовательность действий в данном случае не отличается принципиально.

**Ответ:** 370 000. В качестве правильного принимался ответ с погрешностью  $\pm 40\ 000$ , то есть допускалась ошибка немного более 10%.

### *Задача 3.3.2. Картографирование сухих тропических лесов (3 балла)*

С помощью портала EarthExplorer (<https://earthexplorer.usgs.gov/>) найдите доступные снимки со спутника Landsat 8 и/или Sentinel-2 (<https://stepik.org/lesson/189306/step/3?unit=164850>) за 2018 год для точки с географическими координатами 22°48'25" южной широты и 44°42'23" восточной долготы.

С помощью DTclassifier <http://gis-lab.info/qa/dtclassifier.html> (или с помощью другого доступного Вам алгоритма/инструмента) выделите все покрытые лесом территории в пределах данной сцены Landsat 8, которые попадают при этом также в границы существующих или планируемых особо охраняемых природных территорий (ООПТ) всех категорий.

В качестве источника векторных данных по границам ООПТ используйте Всемирную базу данных по особо охраняемым территориям (World Database on Protected Areas - WDPA; <https://www.unep-wcmc.org/resources-and-data/wdpa>) от Всемирного центра природоохранного мониторинга (World Conservation Monitoring Centre; <https://www.unep-wcmc.org/>) Программы ООН по окружающей среде. Набор векторных данных на весь мир очень велик по объёму - мы рекомендуем вам скачать данные только на нужную вам территорию.

Считать лесом любую древесную растительность с сомкнутостью полога 10% и, предположительно, высотой хотя бы 5 метров. Помните, что в пределы снимка попадают, в том числе, сухие тропические листопадные леса, спектральные характеристики которых сильно меняются в зависимости от сезона.

Измерьте общую площадь всех покрытых лесом территорий в границах ООПТ в пределах данной сцены Landsat 8, переведите в гектары, округлите до десятков и внесите в поле ниже.

Для расчета площади используйте ту же проекцию, в которой находятся скачанные Вами сцены(a) Landsat 8.

### *Задача 3.3.3. Картографирование сухих тропических лесов (3 балла)*

С помощью портала EarthExplorer (<https://earthexplorer.usgs.gov/>) найдите доступные снимки со спутника Landsat 8 и/или Sentinel-2 (<https://stepik.org/>



lesson/189306/step/3?unit=164850) за 2018 год для точки с географическими координатами 22°48'25" южной широты и 44°42'23" восточной долготы.

С помощью DTclassifier <http://gis-lab.info/qa/dtclassifier.html> (или с помощью другого доступного Вам алгоритма/инструмента) выделите все покрытые лесом территории в пределах данной сцены Landsat 8, которые попадают при этом также в границы существующих или планируемых особо охраняемых природных территорий (ООПТ) всех категорий.

В качестве источника векторных данных по границам ООПТ используйте Всемирную базу данных по особо охраняемым территориям (World Database on Protected Areas - WDPA; <https://www.unep-wcmc.org/resources-and-data/wdpa>) от Всемирного центра природоохранного мониторинга (World Conservation Monitoring Centre; <https://www.unep-wcmc.org/>) Программы ООН по окружающей среде. Набор векторных данных на весь мир очень велик по объёму - мы рекомендуем вам сгрузить данные только на нужную вам территорию.

Считать лесом любую древесную растительность с сомкнутостью полога 10% и, предположительно, высотой хотя бы 5 метров. Помните, что в пределы снимка попадают, в том числе, сухие тропические листопадные леса, спектральные характеристики которых сильно меняются в зависимости от сезона.

Измерьте общую площадь всех покрытых лесом территорий в границах ООПТ в пределах данной сцены Landsat 8, переведите в гектары, округлите до десятков и внесите в поле ниже.

Для расчета площади используйте ту же проекцию, в которой находятся скачанные Вами сцены(a) Landsat 8.

### *Пояснения к ответу*

Эта задача также аналогична предыдущей и Задаче 5 первого блока. Отличительной её особенностью является то, что сухие тропические леса являются листопадными и не в любой сезон хорошо видны на снимках среднего разрешения: в сухой сезон они сбрасывают листья и становятся малозаметны. Об этом прямо говорится в условиях задачи. При подборе космических снимков для классификации необходимо учитывать этот факт – отбираемые снимки должны покрывать не только сухой сезон. Информацию о времени, когда на Мадагаскаре сухой и влажный сезоны, участники должны найти в интернете самостоятельно.

**Ответ:** 120 000. В качестве правильного принимался ответ с погрешностью  $\pm 60\ 000$ . Поскольку сухие леса – более сложный объект, допустимая ошибка в данном случае могла составлять до 50%.

### *Задача 3.3.4. Анализ изменений (change detection) лесного покрова в тропических лесах (5 баллов)*

Для территории из задачи 1 данного раздела (территория в пределах той же сцены Landsat 8, которая попадает при этом в границы существующих или планируемых особо охраняемых природных территорий всех категорий) выделите все участки, которые за период с августа-сентября 2017 года по октябрь 2018 года лишились своего лесного покрова, и измерьте их площадь. Для расчета площади используйте ту же

проекцию, в которой находится скачанная Вами сцена Landsat 8 на данный участок.

Для этого Вам будет необходимо скачать ещё один или несколько снимков Landsat и/или Sentinel-2 (<https://stepik.org/lesson/189306/step/3?unit=164850>) на эту же территорию, снятых в июле-сентябре 2017 года. Вы можете выделить территории, где произошли изменения с помощью DTclassifier (<http://gis-lab.info/qa/dtclassifier.html>), использовать иной алгоритм change detection или даже обвести их вручную.

Результат измерений переведите в гектары, округлите до десятков.

### *Пояснения к ответу*

Эта задача во многом аналогична Задаче 6 первого блока. Однако, в данном случае нельзя просто использовать информацию о пожарах текущего года, так как потеря лесного покрова может происходить и без пожара.

**Ответ:** 10 000. В качестве правильного принимался ответ с погрешностью  $\pm 3\ 000$  (30%).

### *Задача 3.3.5. Выделение сгоревших территорий в бореальных лесах (5 баллов)*

Точка с географическими координатами 59°31'14" северной широты и 105°36'10" восточной долготы находится не только в пределах гари от пожара 2018 года, но и, вместе с самой гарью, в пределах границ крупной малонарушенной лесной территории (МЛТ; <http://www.intactforests.org/>). Скачайте с уже знакомого вам сайта Intactforests.org (<http://www.intactforests.org/data.ifl.html>) границы МЛТ по состоянию на 2016 год и выберите контур (полигон), в пределах которого находится указанная точка и гарь.

С помощью DTclassifier (<http://gis-lab.info/qa/dtclassifier.html>) выделите все недавно пройденные огнём территории (те, на которых сигнал от грунта и углей преобладает над сигналом от живой древесной растительности) в пределах данного контура МЛТ и (одновременно) в пределах скачанного Вами ранее снимка Landsat 8. Обратите внимание, что при таком подходе в пределах уже известной вам гари выделится меньшая площадь, чем в Задаче В, где вы включали в общий контур гари болота и другие участки с сохранившейся растительностью.

Контур данной МЛТ выходит за пределы снимка - используйте только часть контура, попадающего в пределы снимка, иначе говоря, - пересечение снимка с контуром МЛТ. В пределы снимка также попадают другие МЛТ, расположенные по соседству, - игнорируйте их. Ваша задача - выделить все гари ТОЛЬКО в пределах данного контура МЛТ, в части, покрываемой данным снимком Landsat.

Переведите результат классификации в векторный полигональный слой. В QGIS это можно сделать с помощью инструмента "Создание полигонов (растр в вектор)". Добавьте числовое поле в атрибутивную таблицу полученного векторного слоя и рассчитайте площадь каждого контура (полигона) средствами QGIS в той же проекции, в которой находится космический снимок. Запаситесь терпением, временем и компьютерными мощностями. Результат автоматической классификации обычно имеет довольно сложную конфигурацию границ, и их векторизация и геометрические

расчеты занимают немало времени. Для облегчения задачи вы можете применить различные инструменты сглаживания, обрабатывать полученный растр по частям или рассчитать площадь по растровым данным (предварительно убедившись, что это не вносит существенных искажений). Ручная "доводка" результатов автоматического дешифрирования также является допустимой практикой.

Переведите результат в гектары и округлите до десятков.

### *Пояснения к ответу*

Повтор Задачи 5 первого блока. См решение выше.

**Ответ:** 170 000 ± 80 000.

### *Задача 3.3.6. Анализ изменений. Гари 2018 года (3 балла)*

С помощью DTclassifier (<http://gis-lab.info/qa/dtclassifier.html>) или иным способом, выделите в пределах той же территории, что и в предыдущей задаче (часть контура малонарушенной лесной территории (<http://www.intactforests.org/>), попадающей в пределы скачанного вами снимка Landsat), все гари только от пожаров 2018 года. Для этого Вам будет необходимо скачать ещё один или несколько снимков Landsat на ту же территорию, снятых после окончания пожарного сезона 2017 года, но до соответствующих пожаров 2018 года. Возможно, что из-за облачности некоторые гари будут видны на одних снимках и закрыты облаками на других.

Чтобы расширить диапазон используемых вами снимков, с помощью того же EarthExplorer (<https://earthexplorer.usgs.gov/>) Вы можете скачать на ту же территорию также снимки со спутника Landsat 7 (<https://ru.wikipedia.org/wiki/Landsat-7>). Этот аппарат, запущенный ещё в 1999 году, продолжает работать до сих пор. И хотя с 2003, в результате поломки ([https://ru.wikipedia.org/wiki/Landsat-7#%D0%A1%D0%B1%D0%BE%D0%B9\\_Scan\\_Line\\_Corrector](https://ru.wikipedia.org/wiki/Landsat-7#%D0%A1%D0%B1%D0%BE%D0%B9_Scan_Line_Corrector)), на его снимках теряется около четверти информации (визуально это выглядит как тёмные полосы на большей части изображения), оставшаяся информация может быть полезной (например, для решения о времени пожара). Помните, что спектральные каналы Landsat 7 отличаются от Landsat 8 (<https://landsat.usgs.gov/what-are-band-designations-landsat-satellites>), а спектрально близкие каналы имеют другую нумерацию (<http://gis-lab.info/qa/landsat-bandcomb.html>). Так, каналам 4, 5 и 6 Landsat 8 соответствуют каналы 3, 4 и 5 Landsat 7.

Помните также про общедоступные снимки оптического диапазон со спутников Sentinel-2 Европейского космического агентства.

Вы можете применить DTclassifier (<http://gis-lab.info/qa/dtclassifier.html>) или иную технологию для сравнения двух снимков (change detection). Также, если вы успешно справились с предыдущей задачей, вы можете отсортировать вручную те гари, которые произошли в 2018 году, используя данные из других источников (см.ниже). Кроме того, свежие гари отличаются от прошлогодних и по спектральным характеристикам - вы можете попытаться выделить их даже с помощью классификации одного снимка.

Если из-за высокой облачности вам не хватает снимков Landsat и Sentinel-2, чтобы решить, в каком году произошёл тот или иной конкретный пожар, обратитесь к

снимкам низкого разрешения и продуктам на их основе, доступным онлайн. Например, воспользуйтесь геопорталами «Карта пожаров» (<http://fires.ru/>) российской компании «СКАНЭКС» или Worldview (<https://worldview.earthdata.nasa.gov/>) американского космического агентства НАСА. Кроме того, точки термальных аномалий за любой период последнего десятилетия доступны через систему FIRMS (Fire Information for Resource Management System), которую вы легко найдёте самостоятельно. Вы можете бесплатно скачать в формате ГИС термоточки на нужную вам территорию за нужный период и наложить поверх ваших снимков. Они помогут вам отделить гари 2018 года от более ранних.

Результат также переведите в гектары и округлите до десятков. Ответ (целое число) внесите в поле ниже. Как и в прочих случаях, для расчета площади используйте ту же проекцию, в которой находятся скачанные Вами сцены(a) Landsat 8.

### *Пояснения к ответу*

Повтор Задачи 6 первого блока. См. решение выше.

**Ответ:**  $21\ 000 \pm 4\ 000$ .

## **3.4. Оценка точности классификации и расчет ошибок**

### *Задача 3.4.1. Валидация результатов дешифрирования. Расчет матрицы ошибок (3 балла)*

С помощью инструментов пространственной выборки в QGIS или в другой ГИС-системе, которую вы используете, определите количество пробных площадей, которые совпадают и не совпадают с каждым из ваших двух классов ("гарь" и "не гарь"), на которые вы разделили территорию в результате классификации снимка Landsat.

Составьте матрицу ошибок, рассчитав соответствующие цифры в ней пропорционально доле верно и неверно классифицированных вами пробных площадей каждого класса и доле площади каждого класса от всей территории исследования. Подробнее о таких расчетах можно прочитать, например, в этой статье [http://reddcr.go.cr/sites/default/files/centro-de-documentacion/olofsson\\_et\\_al.\\_2014\\_-\\_good\\_practices\\_for\\_estimating\\_area\\_and\\_assessing\\_accuracy\\_of\\_land\\_change.pdf](http://reddcr.go.cr/sites/default/files/centro-de-documentacion/olofsson_et_al._2014_-_good_practices_for_estimating_area_and_assessing_accuracy_of_land_change.pdf).

На основании полученной матрицы ошибок, рассчитайте ошибку производителя для вашего класса "гари". Выразите её в процентах, округлите до десятых долей.

### *Пояснения к ответу*

Расчет матрицы ошибок на основании сравнения полученной карты со случайной выборкой пробных площадей описан в Задаче А и Задаче В командного тура финала Олимпиады. Фактически участникам надо было повторить действия, которые были проделаны при проверке Задачи А финала. Отличия состоят только в количестве классов – здесь их всего два («гарь» и «не гарь»).

**Ответ:** Ручная проверка. При проверке проверяющими производится те же расчеты, что и участниками, на основании переданных участниками данных. Результаты сравниваются с результатами участников. Отклонение не должно составлять более одной единицы.

## 3.5. Картографирование тропических плантаций

### *Задача 3.5.1. Обновление карты плантаций масличной пальмы на Калимантане (18 баллов)*

На портале Всемирной лесной вахты (Global Forest Watch) найдите и скачайте векторный набор пространственных данных по древесным плантациям (Tree Plantations). Он содержит границы разных типов древесных плантаций для нескольких тропических стран (включая Индонезию) по состоянию на 2013-2014 гг. Подробнее про этот проект можно прочитать здесь ([http://www.wri.org/sites/default/files/Mapping\\_Tree\\_Plantations\\_with\\_Multispectral\\_Imagery\\_-\\_Preliminary\\_Results\\_for\\_Seven\\_Tropical\\_Countries.pdf](http://www.wri.org/sites/default/files/Mapping_Tree_Plantations_with_Multispectral_Imagery_-_Preliminary_Results_for_Seven_Tropical_Countries.pdf)).

Открыв данный слой в QGIS в одном проекте со скачанными на указанную точку снимками Landsat 8, Вы увидите, что вокруг указанной точки находится крупный массив плантаций масличной пальмы. Однако, территория плантаций с 2014 года заметно расширилась. Изучите, как выглядит данный тип плантаций на снимках Landsat и Sentinel-2. Обратите внимание, что на плоской приречной (по видимому, заболоченной) равнине и в гористой местности плантации пальмы выглядят по-разному.

Используйте инструмент QGIS "Send to Google Earth" (модуль Send2GE должен быть установлен и включен) совместно с заранее установленной программой Google Earth Pro (<https://www.google.com/intl/ru/earth/desktop/>), чтобы посмотреть, как те или иные участки местности выглядят на снимках сверхвысокого разрешения. Помните, что такие снимки в программе Google Earth, в отличие от снимков Landsat и Sentinel, как правило, не слишком свежие и собраны из кусков, снятых в разное время. У них также потеряна большая часть исходной спектральной информации, а цвета искусственно подобраны так, чтобы походить на естественные.

Используя метод визуального дешифрирования или автоматическую классификацию с помощью DTclassifier <http://gis-lab.info/qa/dtclassifier.html> (или с помощью другого доступного Вам алгоритма/инструмента) выделите все новые плантации масличной пальмы в пределах данной сцены Landsat 8, которые появились здесь с момента картографирования в 2013-2014 гг. по настоящее время. Площади, вырубленные и расчищенные под плантации, но ещё не засаженные (незаросшие) также относить к плантациям. Однако, имейте в виду, что участки могут расчищаться и для других целей, например, для добычи полезных ископаемых.

Измерьте площадь новых плантаций, выразите её в гектарах, округлите до десятков.

### *Пояснения к ответу*

Задача аналогичная Задаче 5 первого блока и Задачам 1 и 2 второго блока. Однако, объект довольно сложный и мог потребовать в ряде случаев использование визуального дешифрирования вместо автоматического.

**Ответ:**  $43\,300 \pm 8\,600$ .

### *Задача 3.5.2. Подсчет запаса древесины на плантациях на Суматре (24 баллов)*

Вокруг точки с географическими координатами  $0^{\circ}07'49''$  северной широты и  $102^{\circ}48'28''$  восточной долготы расположен огромный массив плантаций быстрорастущих деревьев (эвкалиптов и/или акаций), выращиваемых на целлюлозу. По сведениям портала Всемирной лесной вахты (<https://www.globalforestwatch.org/map>), древесина с этих плантаций поставляется на целлюлозно-бумажный комбинат одной из крупнейших мировых компаний на этом рынке - Asia Pulp & Paper.

Скачайте с указанного портала векторный набор данных с границами концессионных участков, предоставленных компаниям для выращивания древесины на целлюлозу (Wood Fiber Concessions). Выберите три непосредственно граничащих друг с другом участка, ближайших к выбранной точке. Обратите внимание, что в данном векторном слое некоторые объекты состоят из нескольких полигонов (могут объединять несколько не граничащих друг с другом участков, принадлежащих одной компании). Для разделения таких полигонов в QGIS воспользуйтесь инструментом "Разбить составные объекты".

Оцените объём древесины на корню в пределах этих трёх выделенных концессионных участков по состоянию на середину сентября 2018 года. Для этого вам нужно выделить одновозрастные участки плантаций и определить возраст и площадь каждого из них. Доступные сегодня космические снимки позволяют это сделать.

С помощью уже известного Вам портала EarthExplorer (<https://earthexplorer.usgs.gov/>) подберите и скачайте необходимые Вам для этого космические снимки за текущий и прошедшие год. С помощью визуального дешифрирования или с помощью освоенных вами инструментов автоматической классификации (DTclassifier <http://gis-lab.info/qa/dtclassifier.html> или другого алгоритма/инструмента) выделите вырубку (очищенные от деревьев участки) на разных снимках.

На таких плантациях посадка следующего поколения быстрорастущих деревьев обычно происходит вскоре после вырубки предыдущего поколения. Полог вновь посаженных деревьев смыкается уже через несколько месяцев. Таким образом, вся вырубка, как правило, становится участком с деревьями одного возраста, который можно примерно отсчитывать от момента вырубки. (Исключение представляют случаи гибели насаждений или забрасывания участков. Как правило, это также можно видеть на космических снимках.)

Таким образом, для каждого одновозрастного участка плантаций Вам необходимо определить год, когда на данном участке ПОСЛЕДНИЙ ПО ВРЕМЕНИ раз был полностью сведён древесный покров (вырублено и отправлено на переработку предыдущее поколение быстрорастущих деревьев).

Вам придётся обрабатывать значительное число снимков. Написанные Вами про-

граммы для автоматического отбора, скачивания и классификации снимков могут существенно ускорить получение результата. Но не забывайте проверять результат работы Ваших алгоритмов визуально!

Если, из-за многомесячной облачности, Вы сомневаетесь в том, не пропустили ли Вы смену поколений деревьев (ситуация, когда один снимок сделан до вырубki, а следующий - через несколько месяцев, уже после вырубki и смыкания крон молодых деревьев), воспользуйтесь снимками более низкого разрешения, чем Landsat и Sentinel, которые снимаются на данный участок практически ежедневно. Например, снимки Modis также доступны на портале EarthExplorer (<https://earthexplorer.usgs.gov/>). Несмотря на их низкое пространственное разрешение, крупные вырубki будут на них видны.

Если границы одновозрастного участка Вами уже определены, можно не скачивать к себе на компьютер все необходимые снимки, а просмотреть их онлайн, воспользовавшись доступными порталами открытых данных. Например, порталами LandLook Viewer Геологической службы США (USGS; <https://landlook.usgs.gov/viewer.html>) и WorldView (<https://worldview.earthdata.nasa.gov/>) американского космического агентства НАСА.

Зная возраст каждого участка плантации, Вы сможете оценить общий доступный запас древесины. Для целей данной задачи считать ежегодный средний прирост - 10 куб.м. на гектар в год. Все расчеты площадей производить для той проекции, в которой находятся скачанные Вами космические снимки Landsat. Выразите Вашу оценку запаса древесины в тысячах куб.м., округлите до целого числа.

### *Пояснения к ответу*

Задача фактически сводится к определению для каждого конкретного участка плантаций момента, когда на этом месте последний раз наблюдалась расчистка (вырубка, безлесая территория). Лишённые растительности участки, пока не произойдёт смыкания полога посаженных на них деревьев, прекрасно видны на космических снимках и хорошо отличаются от древесного полога. Для выявления такого момента необходимо просмотреть все доступные снимки ландсат и сентинель из архива за последние 5-10 лет. Сделать это можно не только скачивая снимки на компьютер участников, но и с помощью онлайн-сервисов типа LandLook Viewer (<https://landlook.usgs.gov/viewer.html>), на который дана ссылка в условиях задачи.

Все обнаруженные участки, лишённые растительности, необходимо оконтуривать, присваивая полученному полигону атрибутивную информацию от даты последнего наблюдения данной территории в состоянии без растительности. Делать это для ограниченной территории эффективнее всего «вручную» – путем визуального дешифрирования. При этом наиболее аккуратной техникой является разделение единого полигона плантаций на участки с использованием инструмента «Разбить объекты» в режиме редактирования в QGIS. Важно внимательно просматривать все доступные космические снимки, чтобы не пропустить момент вырубki.

Для полученного набора векторных данных останется рассчитать площадь каждого участка, а затем вычислить запас древесины, умножив его на возраст участка (количество лет с момента наблюдения на снимках последней вырубki) и приведённый в условиях задачи среднегодовой прирост.

Ответ:  $1\,022 \pm 200$ .